

---

# **BACHELORARBEIT**

---

Herr

**Alexander Rockhausen**

**Integration von SolidWorks in  
die Prozesskette Blech unter  
Einbeziehung von Inventor-  
Modelldaten**

Mittweida, 2011



---

# **BACHELORARBEIT**

---

## **Integration von SolidWorks in die Prozesskette Blech unter Einbeziehung von Inventor- Modelldaten**

Autor:

**Herr**

**Alexander Rockhausen**

Studiengang:

**Maschinenbau**

Seminargruppe:

**MB08w1-B**

Erstprüfer:

**Professor Dr.-Ing. Jürgen Wernicke**

Zweitprüfer:

**Herr Jörg Bergelt**

Einreichung:

**Mittweida, 15.09.2011**

Verteidigung/Bewertung:

**Mittweida, 2011**

# **BACHELOR THESIS**

---

## **Integration of SolidWorks in the sheet metal process chain involving Inventor data model**

author:

**Mr.**

**Alexander Rockhausen**

course of studies:

**Mechanical Engineering**

seminar group:

**MB08w1-B**

first examiner:

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Wernicke**

second examiner:

**Mr. Jörg Bergelt**

submission:

**Mittweida, 15.09.2011**

defence/ evaluation:

**Mittweida, 2011**

## **Bibliografische Beschreibung:**

Rockhausen, Alexander:

Integration von SolidWorks in die Prozesskette Blech unter Einbeziehung von Inventor-Modelldaten. - 2011. - VI, 51 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Maschinenbau, Bachelorarbeit, 2011

## **Referat:**

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit richtet sich auf den Datenaustausch. Zum einen wird der Datenaustausch zwischen zwei CAD-Applikationen thematisiert, wobei hier in erster Linie der Import von Inventor®-Dateien in SolidWorks® und der anschließenden Konvertierung abgehandelt wird.

Zum anderen geht es um die Frage, inwiefern mit Hilfe von SolidWorks® neben Konstruktionsdaten zusätzliche Fertigungsinformationen an die Arbeitsvorbereitung übergeben werden können. Vorgestellt werden die Grundlagen zum Thema Datenaustausch, die Prozesskette Blech und Zusatzmodule für SolidWorks, die das Zuweisen von Technologiedaten in der CAD-Umgebung erlauben.

Das Ziel besteht darin, die mehrfache Eingabe von Daten zu vermeiden.



# 1 Inhalt

<b>1</b>	<b>Inhalt .....</b>	<b>1</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>5</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
2.1	<i>Hintergrund .....</i>	<i>2</i>
2.2	<i>Zielsetzung.....</i>	<i>3</i>
2.3	<i>Kapitelübersicht.....</i>	<i>4</i>
<b>3</b>	<b>Die Problematik des Datenaustauschs .....</b>	<b>5</b>
3.1	<i>Datenaustausch in der ANTARES GmbH.....</i>	<i>7</i>
3.2	<i>Blech .....</i>	<i>9</i>
3.2.1	<i>Definition .....</i>	<i>9</i>
3.2.2	<i>Prozesskette Blech.....</i>	<i>10</i>
3.2.2.1	<i>Konstruktion .....</i>	<i>10</i>
3.2.2.2	<i>Arbeitsvorbereitung .....</i>	<i>12</i>
3.2.2.3	<i>Fertigung.....</i>	<i>12</i>
3.2.3	<i>Prozesskette Blech in der ANTARES GmbH .....</i>	<i>14</i>
<b>4</b>	<b>Datenimport in SolidWorks.....</b>	<b>15</b>
4.1	<i>Wiederherstellen der Bauteilhistorie .....</i>	<i>16</i>
4.2	<i>Beziehungen in Baugruppen .....</i>	<i>18</i>
4.3	<i>Konvertieren von Zeichnungen.....</i>	<i>19</i>
4.4	<i>Übergabe an die Arbeitsvorbereitung .....</i>	<i>20</i>
<b>5</b>	<b>Zusatzmodule zu SolidWorks .....</b>	<b>21</b>
5.1	<i>SolidWorks Professional ohne Zusatzmodule.....</i>	<i>21</i>
5.2	<i>SPI SheetMetalWorks .....</i>	<i>22</i>
5.2.1	<i>Festlegen der Technologiedaten .....</i>	<i>24</i>
5.2.2	<i>Verwendung an importierten Bauteilen.....</i>	<i>25</i>

5.2.3	Einschätzung von SheetMetalWorks.....	27
5.3	<i>DPS ToPsWorks</i> .....	28
5.3.1	Festlegen der Technologiedaten.....	29
5.3.2	Verwendung an importierten Bauteilen .....	30
5.3.3	Einschätzung von ToPsWorks .....	31
5.4	<i>Ergebnisvergleich</i> .....	32
5.4.1	SolidWorks ohne Zusatzmodule.....	34
5.4.2	Bearbeitung mit SheetMetalWorks.....	36
5.4.3	Bearbeitung durch ToPsWorks .....	38
<b>6</b>	<b>Fazit</b> .....	<b>41</b>
<b>Literatur</b>		<b>43</b>
<b>Selbstständigkeitserklärung</b> .....		<b>45</b>



# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: CA-Systeme und ihre Formate .....	8
Abbildung 2: Biegung am Blechwinkel.....	11
Abbildung 3: Prozesskette Blech nach [Haus1996] .....	13
Abbildung 4: Das Menü von SPI SheetMetalWorks .....	23
Abbildung 5: Import der Datenbank in SheetMetalWorks.....	24
Abbildung 6: Auswahl von Unter- (links) und Oberwerkzeugen (rechts) .....	25
Abbildung 7: Kritische Blecheigenschaften .....	26
Abbildung 8: Menü von ToPsWorks .....	28
Abbildung 9: Eingabe des Pfades der Datenbank .....	29
Abbildung 10: Fehlermeldung von TruTops über falsche Materialeingabe.....	31
Abbildung 11: Die fertige Blechabwicklung mit Biegedaten in TruTops.....	32
Abbildung 12: Beispiel für die vollständige Eingabe von Werkzeug- und Biegedaten .....	33
Abbildung 13: Beispiel für vollständige, maschinenlesbare Teileinformationen.....	33
Abbildung 14: In TruTops importierte DXF-Datei in der TruTops-Arbeitsoberfläche .....	35
Abbildung 15: Aus SheetMetalWorks übernommene Kontur- und Biegedaten in TruTops .....	36
Abbildung 16: Übersicht der durch SheetMetalWorks bereitgestellten Biegungen in TruTops.....	37
Abbildung 17: Durch SheetMetalWorks bereitgestellte Teile- und Materialinformationen.	37
Abbildung 18: Aus ToPsWorks übernommene Kontur- und Biegedaten in TruTops .....	38
Abbildung 19: An TruTops übergebene Biegedaten .....	39

Abbildung 20: Durch ToPsWorks bereitgestellte Teile- und Materialinformationen.....	40
---	----

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über gängige Austauschformate .....	5
--	---

# Abkürzungsverzeichnis

<b>2D</b>	Zweidimensionalität, zweidimensional
<b>3D</b>	Dreidimensionalität, dreidimensional
<b>API</b>	<b>A</b> pplication <b>P</b> rogramming <b>I</b> nterface
<b>BMT</b>	<b>B</b> iegeteil <b>m</b> it <b>T</b> echnologie
<b>CA</b>	<b>C</b> omputer <b>A</b> ided ..., Computergestützte(s) ...
<b>CAD</b>	<b>C</b> omputer <b>A</b> ided <b>D</b> esign, Computergestützte Konstruktion
<b>CAM</b>	<b>C</b> omputer <b>A</b> ided <b>M</b> anufacturing, Computergestützte Fertigung
<b>DIN</b>	<b>D</b> eutsches <b>I</b> nstitut für <b>N</b> ormung e.V.
<b>DNC</b>	<b>D</b> irect <b>N</b> umerical <b>C</b> ontrol, auch Distributed Numerical Control
<b>EN</b>	<b>E</b> uropäische <b>N</b> orm
<b>GEO</b>	<b>G</b> eometrie (Dateiformat)
<b>GMT</b>	<b>G</b> EO <b>m</b> it <b>T</b> echnologie
<b>ISO</b>	<b>I</b> nternationale <b>O</b> rganisation für <b>N</b> ormung
<b>IGES</b>	<b>I</b> nitial <b>G</b> raphics <b>E</b> xchange <b>S</b> pecification
<b>JT</b>	<b>J</b> upi <b>T</b> er
<b>NC</b>	<b>N</b> umerical <b>C</b> ontrol
<b>PLM</b>	<b>P</b> roduct <b>L</b> ifecycle <b>M</b> anagement
<b>STEP</b>	<b>S</b> Tandard for the <b>E</b> xchange of <b>P</b> roduct model data
<b>VDA-FS</b>	<b>V</b> erband <b>d</b> er <b>A</b> utomobilindustrie - <b>F</b> lächenschnittstelle
<b>WOP</b>	<b>w</b> erkstattorientierte <b>P</b> rogrammierung

## 2 Einleitung

Diese Arbeit behandelt zum einen die Problematik des Datenaustausches zwischen zwei verschiedenen 3D-Konstruktionssystemen. Betrachtet werden hierbei ausschließlich zwei parametrische 3D-CAD-Lösungen, namentlich SolidWorks der Firma Dassault Systèmes und Inventor von Autodesk. Zum anderen wird die Durchgängigkeit der Teil- und Zeichnungsdaten von der Konstruktionssoftware zur Arbeitsvorbereitung thematisiert, wie sie für die reibungslose Fertigung innerhalb der Prozesskette Blech notwendig ist.

Ausgangspunkt war die geplante Einführung von SolidWorks zusätzlich zu Autodesk Inventor, der in der ANTARES GmbH bereits etablierten Konstruktionsumgebung. Damit in Zusammenhang standen die beworbenen Möglichkeiten von SolidWorks, durch zukaufbare Softwaremodule stärker als bisher die Datendurchgängigkeit von der Entwicklungsebene bis in die Fertigung respektive der Arbeitsvorbereitung realisieren zu können.

Zuerst wird allgemein die Problemstellung des Datenaustauschs beleuchtet. Daran anschließend wird die Ausgangssituation dazu in der ANTARES GmbH analysiert. Hierbei werden die ANTARES GmbH, die Prozesskette Blech sowie die Besonderheiten des Halbzeug Blechs vorgestellt.

Ein Thema wird sein, wie der Datenimport mit Dateien im Inventorformat in SolidWorks funktioniert und weiterhin parametrische Informationen wiederhergestellt werden können. Dazu werden die Werkzeuge und Möglichkeiten benannt, die SolidWorks bereitstellt.

Im Anschluss geht es um die Fragestellung, inwiefern SolidWorks in die Arbeitsvorbereitung eingebunden werden kann und welche Zusatzmodule hierfür zur Verfügung stehen. Damit im Zusammenhang wird der zu erwartende Nutzen diskutiert, den die Verwendung von zusätzlichen Modulen für SolidWorks zum Datenaustausch mit CAM-Software bringen soll.

## 2.1 Hintergrund

Von der Handvoll CAD-Systeme am Anfang der Neunzehnhundert-Achtziger über den Siegeszug der 3D-Konstruktionssoftware bis zur Herausbildung von Entwicklungs-Gesamtlösungen heutiger Zeit bestand ein grundlegendes Problem in der mangelnden Interoperabilität zwischen unterschiedlichen CAD-Lösungen.

Deswegen wurde schon früh damit begonnen, nach Mitteln und Wegen zu suchen, den reibungslosen Datenaustausch zu gewährleisten, sowohl horizontal zwischen verschiedenen CA-Lösungen gleicher Ebene (CAD- zu CAD-Applikation), als auch vertikal zu CA-Software anderer Ebenen (z.B. CAM- zu CNC-Software). Darunter fallen neben Konverter als Direktschnittstelle zwischen zwei spezifischen CAD-Programmen auch genormte Standard-Schnittstellen wie IGES, VDA-FS, STEP oder Jupiter [ISO2011]. Bei Jupiter (JT) zum Beispiel wird momentan der Prozess der Normung vorangetrieben [Siem2011].

Die Bezeichnung Schnittstelle ist hierbei nicht eindeutig definiert und beschreibt allgemein nach [Spur1997] eine Verbindungsstelle zweier interagierender Systeme mit Bedingungen, Regeln und Vereinbarungen, die den Informationsaustausch kommunizierender Systeme oder Systemkomponenten festlegt. Dahingehend ist, wegen einheitlicher Datenformatrestriktionen, für die Übertragung von Produktdaten die Normung betreffender Standard-Schnittstellen von besonderer Bedeutung [Spur1997].

## 2.2 Zielsetzung

Inhalt dieser Arbeit ist in zweierlei Hinsicht der Datenaustausch zwischen verschiedenartigen CA-Systemen. Zum einen geht es um den Import von vorhandenen CAD-Daten aus Autodesk Inventor in SolidWorks 2011. Dazu gehört die Wiederherstellung von Informationen, die während dieses Vorgangs verloren gehen, allen voran die Parametrik<sup>1</sup> der importierten Körper.

Geklärt werden soll, ob der Datenbestand, welcher im Format von Autodesk Inventor vorliegt, im Bedarfsfall in dem Format von SolidWorks bereitgestellt werden kann.

Zum anderen wird die Datenübergabe von SolidWorks 2011 an eine CAM-Umgebung Thema sein. Schwerpunkte diesbezüglich sind die Betrachtung von verwendbaren Zusatzmodulen zu SolidWorks, die auf dem Markt erhältlich sind. Darin eingebettet ist die Untersuchung von deren Leistungsfähigkeit, innerhalb der CAD-Umgebung Technologieinformationen sowohl bereitzustellen, als auch an die CAM-Software für die nachfolgende NC-Programmerstellung zu übergeben.

Das vorrangige Ziel dieser Bestrebungen ist zu prüfen, inwieweit die mehrfache Eingabe von Informationen und Daten vermindert werden kann. Diese Mehrfacheingabe stellt einen Kostenfaktor dar, da sie mit erheblichem Zeitaufwand verbunden ist. Nicht zuletzt ist das mehrfache Zuweisen gleicher Datensätze eine Quelle für kritische Fehler, die im Ergebnis zu Ausschuss in der Fertigung führen können.

---

<sup>1</sup> Die Parametrik umfasst die wertmäßige und benutzerdefinierbare Beschreibung von Bauteilgeometrien und -beziehungen

## 2.3 Kapitelübersicht

Einleitend werden in Kapitel 2 die Probleme aufgezeigt, die der Datenaustausch aufwirft. Des Weiteren werden die Prozesskette Blech und die ANTARES GmbH vorgestellt, welche für diese Arbeit sowohl Thema als auch Arbeitsplatz zur Verfügung stellte.

In Kapitel 3 liegt der Schwerpunkt auf der Betrachtung der Möglichkeiten von SolidWorks, dem Nutzer wieder parametrische Blechteile zur Verfügung zu stellen, die ursprünglich mittels Autodesk Inventor konstruiert und anschließend in SolidWorks importiert wurden.

Daran anschließend wird in Kapitel 4 die Arbeitsvorbereitung innerhalb der Prozesskette Blech in den Fokus gerückt, in deren Verlauf die in Konstruktionsumgebungen erstellten Teiledaten aufbereitet und anschließend der Fertigung bereitgestellt werden. Damit zusammenhängend sollen explizit die Möglichkeiten des CAD-Nutzers thematisiert und in Verbindung mit lizenzierbaren Zusatzmodulen zu SolidWorks betrachtet werden.

Abschließend werden in Kapitel 5 die Ergebnisse der vorgenommenen Untersuchungen zusammengefasst und mit deren Hilfe ein Fazit gezogen.



### 3 Die Problematik des Datenaustauschs

Jedes CAD-System speichert die in ihm erstellten Daten in einem eigenen nativen Dateiformat ab, was zur Inkompatibilität zwischen diesen Konstruktionsprogrammen führt [Enge2006].

Zur parallelen oder seriellen Nutzung dieser Daten in mehreren CA-Umgebungen ist daher eine Umsetzung nativer Datenformate in ein durch das empfangende CA-System lesbares Format mit Hilfe eines Konverters notwendig [Enge2006].

Grundlegende Probleme beim Datenaustausch gibt es hinsichtlich der Kompatibilität von Programmen und Dateiformaten. Der Datenaustausch setzt zwingend geeignete Schnittstellen voraus, die diesen mit einem möglichst geringen Verlust an Daten realisieren.

<b>Format</b>	<b>Name</b>	<b>Bedeutung</b>	<b>Funktion</b>
*.iges; *.igs	IGES	Initial Graphics Exchange Specification	neutrales Datenaustauschformat; Schnittstelle zwischen verschiedenen CAD-Systemen; veraltet, aber noch in Verwendung
*.step; *.stp	STEP	STandard for the Exchange of Product model data	neutrales und standardisiertes Datenaustauschformat; Schnittstelle zwischen verschiedenen CAD-Systemen
*.dxf	DXF	Drawing Interchange File Format	Datenaustauschformat der Firma Autodesk
*.x_t	x_t	Parasolid (als Textdatei)	originäres Dateiformat von auf Parasolid basierenden CA-Systemen; kann als Datenaustauschformat verwendet werden; Textdatei
*.x_b	x_b	Parasolid Binary	originäres Dateiformat von auf Parasolid basierenden CA-Systemen; kann als Datenaustauschformat verwendet werden; Binärdatei
*.geo	GEO	Vektor basierte Zeichnung	CAD/CAM-Format; Ausgangsformat für NC-Programme; speichert zusätzlich auch Technologiedaten

**Tabelle 1: Übersicht über gängige Austauschformate**

Dabei können die eingangs erwähnten Standard-Schnittstellen (IGES, STEP) Verwendung finden, obschon bei ihrer Verwendung ein unvermeidlicher Informationsverlust in Kauf genommen werden muss, dessen Beseitigung im Extremfall entweder nicht oder nur mit einem hohen Maß an Aufbereitung möglich ist. Unter Umständen werden durch die einheitlichen Datenformatrestriktionen nicht alle Modellelemente des nativen Formats unterstützt [Spur1997].

Direktschnittstellen, also Direkt-Konverter zwischen zwei CAD-Systemen, existieren -falls überhaupt- nur zwischen einzelnen CAD-Lösungen der großen, etablierten CAD-Anbieter. Die Arbeitsergebnisse nach der Konvertierung mit Hilfe von Direktkonvertern sind in der Regel aber besser als die durch Standardformate [Spur1997].

Letzten Endes treten aber in beiden Methoden, bei der Benutzung von Direkt-Schnittstellen ebenso wie von Standardformaten, Informationsverluste auf. Insbesondere beim CAD-Datenaustausch kann sich dieser Informationsverlust auf Bereiche wie den Verlust der Parametrik oder aber auch direkt auf Bauteilgeometrie auswirken. So ist es durchaus möglich, dass keine geschlossenen Volumenkörper erstellt werden können, weil Flächenstücke fehlen bis hin, dass ein Import überhaupt nicht funktioniert, wenn der Informationsverlust zu einschneidend ausfällt.

Der Verlust der Parametrik äußert sich auf Einzelteilebene im Verlust des Feature-Baums. Stattdessen wird das Teil durch einen „dummen“, importierten Geometriekörper repräsentiert. Das heißt, dass während des Austauschvorgangs die komplette Bauteilhistorie verloren geht und dadurch unmittelbare Änderungen an der Bauteilgeometrie verhindert oder zumindest erschwert werden.

### 3.1 Datenaustausch in der ANTARES GmbH

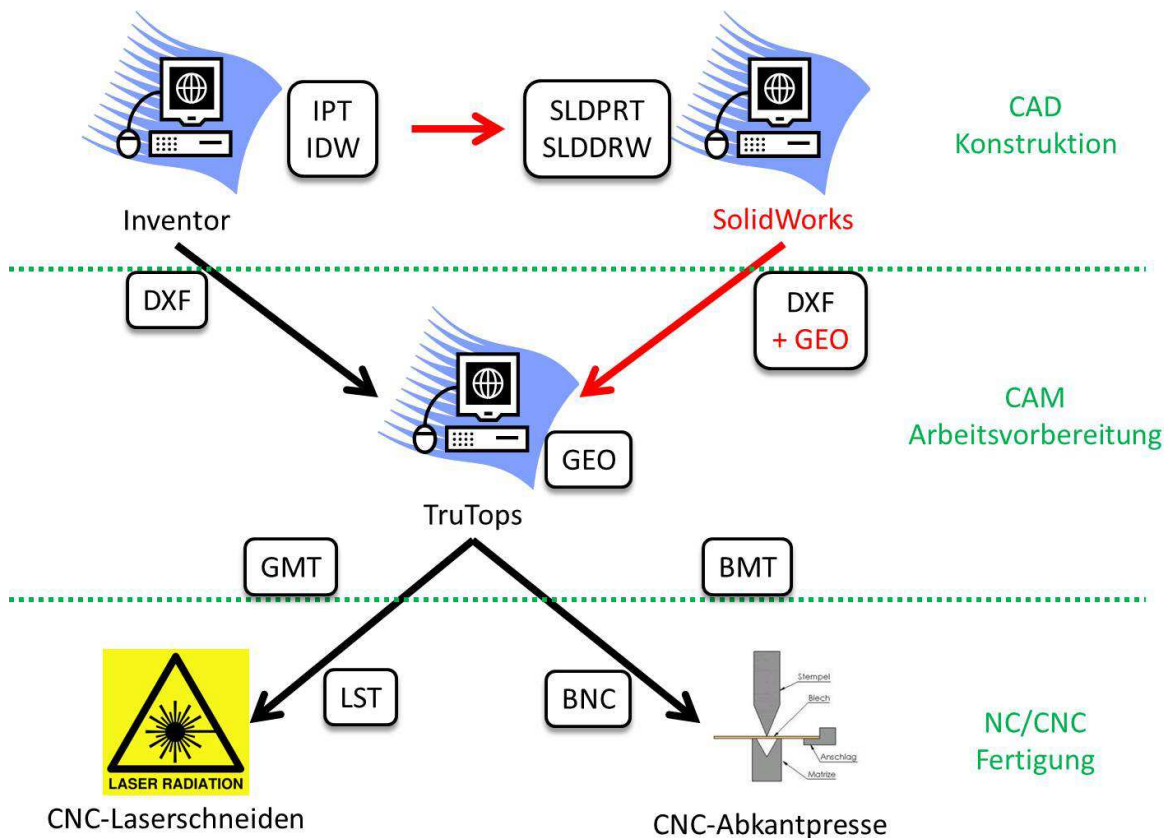
Die ANTARES GmbH – industrielles Engineering ist ein Systemlieferant für Maschinengehäuse und -verkleidungen mit Sitz in Hartmannsdorf bei Chemnitz, Sachsen. In der ANTARES GmbH werden nach Kundenwünschen individuelle Verkleidungslösungen für Maschinen und Anlagen entwickelt, konstruiert und gefertigt. Zur Konzeption und Konstruktion wird die 3D-CAD-Lösung Inventor der Firma Autodesk genutzt, wobei zukünftig SolidWorks die bisher eingesetzte Konstruktionsumgebung ergänzen soll. Daten von Projekten, die im Format von Inventor vorlagen, sollten zur Nutzung und Bearbeitung in der neu erworbenen Software bereitgestellt werden.

Die informationsverlustfreie Konvertierung von Inventor-Dateien in das SolidWorks-Format ist mit Hilfe dieser beiden CAD-Lösungen allein nicht ohne weiteres zu bewerkstelligen. Zum einen ist es bis inklusive Autodesk Inventor 2012 nicht möglich, Dateien im SolidWorks-Format zu exportieren. Zum anderen tritt bei Verwendung von neutralen Datenformaten ein erheblicher Informationsverlust u. a. bezüglich von Bauteilhistorien und Teilebeziehungen in Baugruppen auf.

Andererseits können Inventor-Dateien in SolidWorks importiert werden, wenn auch auf diesem Weg dieser Informationsverlust nicht zu vermeiden ist – wiederum entsteht ein parametrikfreier Geometrikörper ohne die als Feature bekannten Modellgeometrieelemente. Durch die fehlenden Modelldaten bleibt dem Anwender das quasi-native Konstruieren und Modifizieren der Modellgeometrie innerhalb dieser importierten Teiledaten verwehrt. Jedoch stellt SolidWorks Professional ein Werkzeug zur Verfügung, welches zur Aufarbeitung der verloren gegangenen Bauteilhistorie verwendet werden kann.

Diese vollständig in SolidWorks integrierte Zusatzanwendung (Add-In) heißt „FeatureWorks“ und gewährt sowohl eine automatische als auch eine manuelle Feature-Erkennung. Die automatische Erkennung liefert jedoch nur bei simplen Bauteilen ein zufrieden stellendes Arbeitsergebnis ab, bei Blechteilen aber sollte die interaktive Feature-Erkennung durchgeführt werden.

Neben diesem horizontalen spielt auch der vertikale Datenaustausch eine Rolle. Wie in Abbildung 1 verdeutlicht, sind für jedes CA-System innerhalb jeder Ebene andere Formate von Bedeutung. Innerhalb der Prozesskette Blech findet so eine Vielzahl von Dateiformaten Verwendung. Abbildung 1 soll den Weg des virtuellen 3D-Modells visualisieren, den es von der Konzeption hin zur tatsächlichen Fertigung nimmt. Im Mittelpunkt der Betrachtung werden die Übergabe der CAD-Daten an die Arbeitsvorbereitung stehen, sowohl mittels DXF-Formats als auch mit Hilfe des GEO-Formats. Dessen Verwendung ist abhängig von der Lizenzierung von SolidWorks und einem hierfür erhältlichen Zusatzmodul, wobei ersteres in der ANTARES GmbH geplant ist und die Ausgangsbasis dieser Arbeit darstellt.



**Abbildung 1: CA-Systeme und ihre Formate**

Exemplarisch für die Konstruktionsebene sind die beiden CAD-Programme und deren Formate aufgeführt, die in dieser Arbeit thematisiert werden. IPT (Inventor Part) und SLDPRT (SolidWorks Part) sind die Bezeichner für Einzelteil-Dateien und IDW (Inventor Drawing) sowie SLDDRW (SolidWorks Drawing) für die Zeichnungen. Diese können nur innerhalb des jeweiligen CAD-Programms verwendet werden und erfordern andernfalls den Dateiimport und die Konvertierung (vgl. Kapitel 3). Zur Übergabe an die Arbeitsvorbereitung wird die Abwicklung im DFX-Format exportiert, während es in SolidWorks unter Zuhilfenahme eines Zusatzmoduls noch möglich ist, den Export im GEO-Format zu realisieren.

Die Arbeitsvorbereitung findet in TruTops<sup>2</sup> statt, welches die nötigen Fertigungsinformationen im GEO-Format speichert. Somit ist dieses das native Format von TruTops. Als Basis für die maschinenlesbaren NC-Programme für die Laserschneidmaschine dient das GMT-Format, welches die benötigten Fertigungsinformationen enthält. Zur Übergabe an die Maschine werden diese im LST-Format exportiert. Selbiges gilt für BMT-Dateien, wobei diese als Grundlage für die Biege-NC-Programme im BNC-Format dienen.

Die zentralen Themen sind hierbei der Datenimport in SolidWorks und die Datenübergabe von Teiledaten im GEO-Format aus SolidWorks an die Arbeitsvorbereitung.

<sup>2</sup> TruTops ist eine CAM-Anwendung der Firma Trumpf GmbH + Co. KG [siehe auch TrTo2011]

## **3.2 Blech**

### **3.2.1 Definition**

Als Blech wird im technischen Bereich ein metallisches Halbzeug bezeichnet, das entweder in der Form einer rechteckigen Tafel beziehungsweise als Blechband (sogenannte Coils) vorliegt oder aus ihnen gefertigt werden (Lasern, Nibbeln, Stanzen, Biegen, Schweißen). Die Dicke bei Blech ist dabei relativ klein gegenüber den anderen Abmessungen [Haus1996].

Weiterhin vereint Blech viele Vorzüge des Materials Metall mit denen der geometrischen Form, darunter die geringe Dicke und gute Verformbarkeit. Blech kann man einem großem Spektrum unterschiedlicher Bearbeitungsverfahren unterziehen; es kann gekantet, gebogen, geschnitten, gestanzt, tiefgezogen und geschweißt werden [Haus1996].

Aufgrund seiner vielfältigen Vorzüge hat die Verwendung von Blech in den letzten Jahren stark zugenommen. Das liegt in erster Linie an der Weiterentwicklung von Verfahren und Bearbeitungsmaschinen. Weiterhin hat die Bedeutung des Leichtbaus zugenommen. Beispiele für Blecherzeugnisse sind unter anderem Abdeckungen, Wand- und Dachverkleidungen, Rohre, Dachrinnen, Tanks, Dosen und Behälter. Aber auch Gehäuse für Geräte, Apparate und Schaltschränke gehören dazu wie Autos, Eisenbahnen, Schiffe und Flugzeuge [Haus1996].

### 3.2.2 Prozesskette Blech

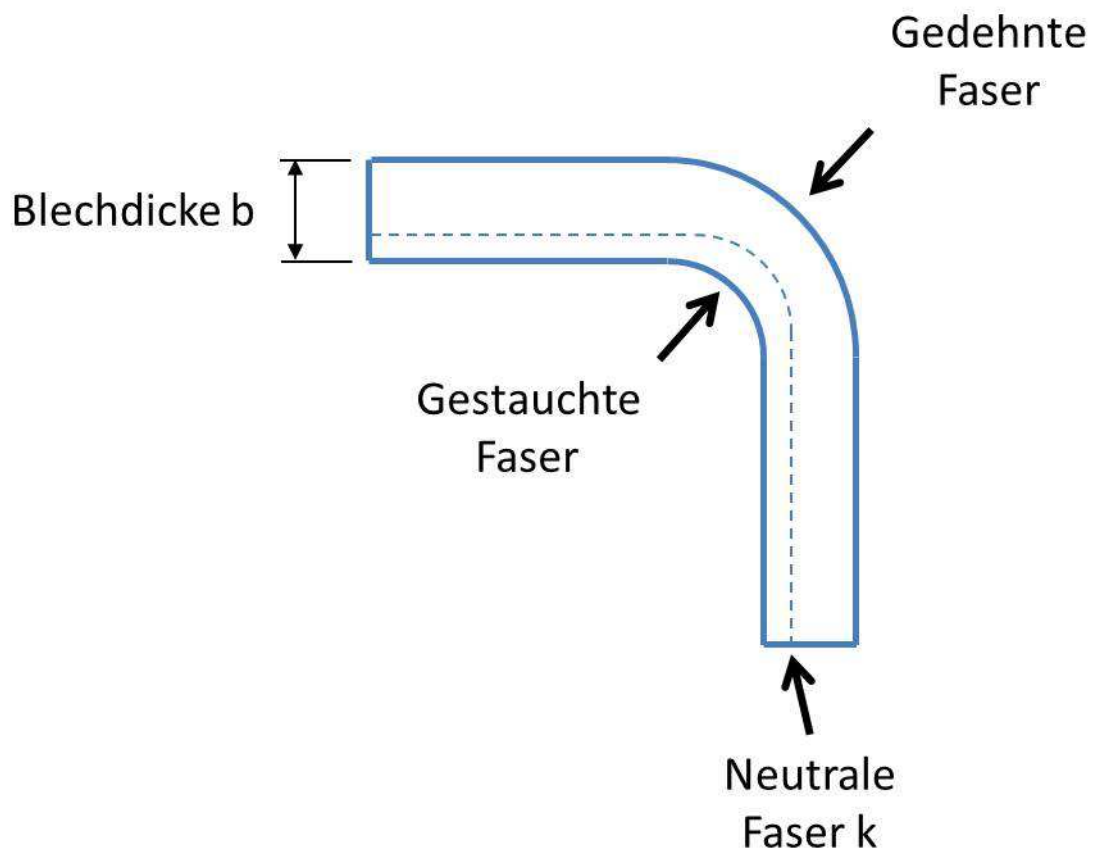
Die Prozesskette Blech umfasst drei wesentliche Bereiche: die Konstruktion, die Programmierung (Arbeitsvorbereitung) und die Fertigung (siehe Abbildung 3: Prozesskette Blech nach [Haus1996]). Die Fertigung selbst kann sich wiederum in einzelne aufeinanderfolgende Arbeitsschritte gliedern: Flachbearbeitung, Biegebearbeitung, Fügeprozesse [Haus1996]. Diese werden nachfolgend kurz erläutert.

#### 3.2.2.1 Konstruktion

Die Prozesskette Blech beginnt in der Konstruktion, in der moderne 3D-Konstruktionssysteme zum Einsatz kommen. Die verwendeten 3D-CAD-Lösungen müssen in der Lage sein, bei der Konstruktion Material-, Werkzeug- und Maschinendaten zu berücksichtigen, um sicherzustellen, dass das konstruierte Teil auch tatsächlich gefertigt werden kann. So sollte zum Beispiel schon in der Konstruktionsphase für eine reibungslose Abfolge in der Fertigung geprüft werden, ob das Blechteil während des Biegevorgangs nicht mit dem Maschinenkörper oder dem Werkzeug kollidiert oder ob eine bestimmte Abfolge von Biegungen überhaupt möglich ist [Haus1996].

Jedes 3D-Blechteil wird im Konstruktionsprozess in eine Abwicklung überführt, in der das 3D-Modell „auseinandergefaltet“ und in die Ebene projiziert wird. Von Vorteil sind weitergehend Abwicklungen mit Markierungen, die verdeutlichen, an welcher Stelle und in welche Richtung gebogen werden muss [Haus1996].

An dieser Stelle soll auf eine Besonderheit des Halbzeugs Blech eingegangen werden, die bei dessen Abwicklung zum Tragen kommt und in der Blechkonstruktion und -fertigung beachtet werden muss. Die beim Biegevorgang stattfindende plastische Formänderung beschränkt sich dabei nicht nur auf eine reine Richtungsänderung, sondern es tritt gleichfalls eine plastische Änderung der Länge auf. So wird die dem Werkzeug zugewandte Seite des Biegeteils gestaucht, während die gegenüberliegende Seite eine Verlängerung infolge Dehnung erfährt. Dieses Verhalten während des Umformprozesses wird als Biegeverkürzung oder auch als Biegezugabe bezeichnet, je nachdem, welche Seite des Biegeteils man betrachtet.



**Abbildung 2: Biegung am Blechwinkel**

Dabei ist diese plastische Verformung keineswegs linear und ihre Berechnung nicht trivial. Die Biegezugabe stellt einen Zahlenwert dar, der von mehreren Faktoren abhängig ist, so zum Beispiel vom Material, von der Blechdicke und den verwendeten Werkzeugen. Zwar gibt es hierfür Formeln zu ihrer Berechnung, so zum Beispiel nach DIN 6935, doch auch diese approximieren nur die in der Fertigung tatsächlich auftretenden Biegezugaben. Daher werden oft Erfahrungswerte zugrunde gelegt, die oftmals die zuverlässigere Annäherung darstellen.

### **3.2.2.2 Arbeitsvorbereitung**

In der Arbeitsvorbereitung werden mittels CAM-Software die NC-Programme maschinen- und technologiespezifisch erzeugt. Ein wesentliches Kennzeichen der Durchgängigkeit innerhalb der Prozesskette ist die Datenübernahme der Zeichnungen aus dem CAD-System. Damit stellt die Programmierung die Basis für die Bearbeitung des Werkstücks an der Maschine dar [Haus1996].

So besteht die Möglichkeit, durch die Programmierung des Biegeprozesses in Verbindung mit der Simulation von Biegefolgen und der Festlegung der einzusetzenden Werkzeuge in der Fertigung Rüst- und Abarbeitungszeiten zu verringern [Haus1996].

Prinzipiell läuft die Programmierung in folgenden drei Schritten ab:

1. Zeichnung erzeugen oder in das Programmiersystem einlesen
2. Bearbeitung definieren (von einem erfahrenen/fähigen CAM-Bediener)
3. NC-Programm automatisch vom CAM-System generieren lassen und an die Maschine übertragen [Haus1996]

Obwohl moderne CAM-Lösungen keine expliziten NC-Programmierkenntnisse mehr voraussetzen und über grafische Bedienoberflächen verfügen, sind zu ihrer Bedienung dennoch ausgebildete Anwender mit Kenntnissen bezüglich der Materialien, der Fertigungsverfahren und der Werkzeuge nötig.

### **3.2.2.3 Fertigung**

Die Fertigung eines Werkstücks aus Blech beginnt immer mit der Flachbearbeitung. Von allen Teilen werden zunächst die Platinen aus der Rohtafel gefertigt (Laserschneiden, Stanzen). Auf die Flachbearbeitung folgt das Biegen (auch: Kanten, Abkanten) und danach die Fügeprozesse (Schweißen, Nieten, Schrauben, Montieren). Zwischen Schweißen (respektive dem Nieten) und Montage kann noch eine Oberflächenbehandlung zur Veredelung stattfinden. Die Einzelteile durchlaufen also in der Fertigung mehrere Stationen [Haus1996].



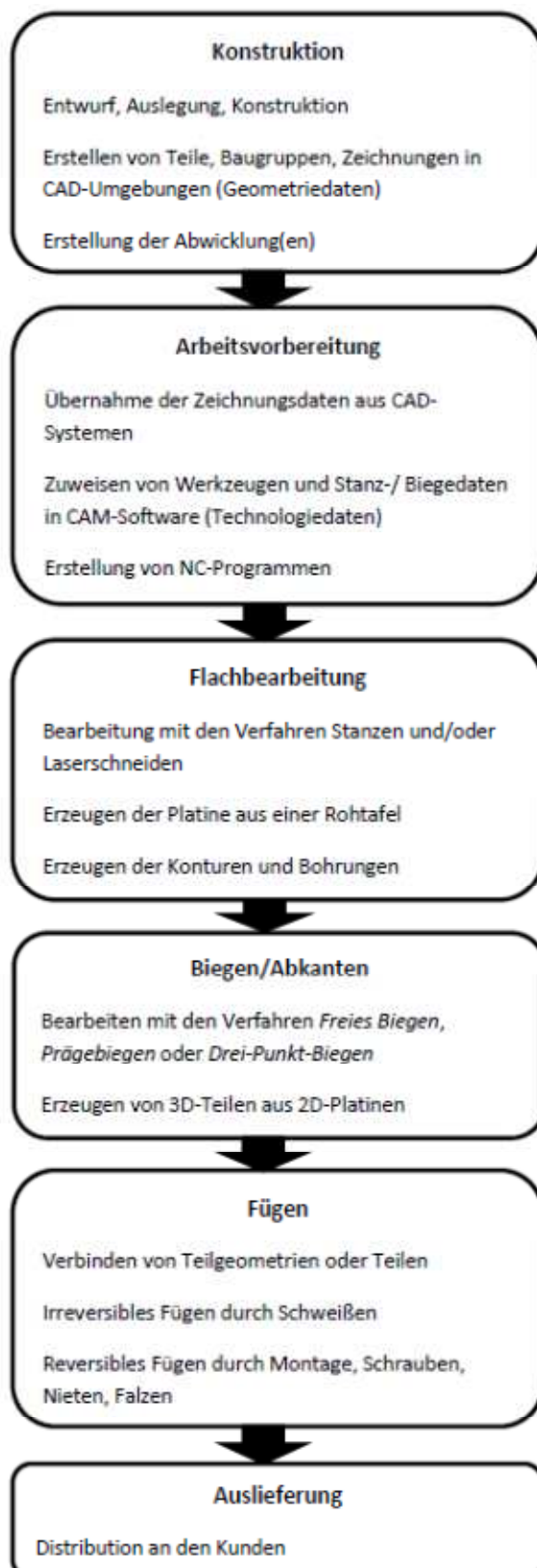


Abbildung 3: Prozesskette Blech nach [Haus1996]

### 3.2.3 Prozesskette Blech in der ANTARES GmbH

Die Prozesskette Blech bezeichnet den Herstellungsprozess eines Blechteils von der Konstruktion bis zum fertigen Teil [SPlw2011]. Innerhalb der ANTARES GmbH beginnt diese mit dem Entwurf und der Konstruktion in der 3D-CAD-Applikation. Weiterhin werden die Teile in der CAD-Software abgewickelt, als Abwicklung exportiert und an die Arbeitsvorbereitung übergeben. Während dieser erfolgt die büroorientierte NC-Programmierung mittels CAM-Software, in der zu den Geometrie- noch Technologiedaten hinzugefügt werden, bevor die Fertigung auf CNC-Maschinen erfolgt (vgl. hierzu Kapitel 1.3.2.).

Aus Blechtafeln werden auf der CNC-Laserschneidmaschine Platinen ausgeschnitten, die auf der Abkantpresse über das Verfahren des *Freien Biegens*<sup>3</sup> zu fertigen Blechbiegeteilen verarbeitet werden. Für diese beiden Bearbeitungsschritte sind die in der Arbeitsvorbereitung hinzugefügten Technologieinformationen unabdingbar. Im Anschluss daran werden die Einzelteile noch zu Unterbaugruppen verschweißt und, mit einer Oberflächenbehandlung versehen, bevor sie montiert und letztendlich distribuiert werden.

---

<sup>3</sup> Vgl. zu Blechbiegeverfahren [Haus1996]

## 4 Datenimport in SolidWorks

SolidWorks ist ein von Dassault Systèmes angebotenes, umfangreiches 3D-Konstruktionsprogramm. Es bietet unter anderem auch die Möglichkeit, Formate anderer CAD-Anwendungen zu importieren und zu konvertieren. Dazu ist es mit mehreren Direkt-Schnittstellen ausgestattet, um eine Vielzahl nativer Formate „konkurrierender“ CAD-Software ohne Umwege einlesen zu können. Nachfolgende Beschreibungen beziehen sich hierbei jedoch nur auf die SolidWorks-Schnittstellen zu Autodesk Inventor.

Dabei umfasst Importieren das Öffnen und Einlesen einer systemfremden Datei durch die (CAD-)Software, während durch das anschließende Konvertieren ein Einzelteil oder mehrere Volumenkörper (Baugruppe), auch Solid(s) genannt, als geometrisch korrekte „Reinkarnationen“ des Originals aus dem Herkunfts-CAD-Programm entstehen. Die Qualität dieser importierten und konvertierten Volumenkörper hängt dabei maßgeblich von der Leistungsfähigkeit der Schnittstelle ab, sei es ein Standardformat oder eine Direktschnittstelle.

Dieses Kapitel widmet sich dabei auf die Wiederherstellung der Parametrik von Dateien, die in Autodesk Inventor erstellt wurden. Auch soll an dieser Stelle zumindest darauf hingewiesen werden, dass es auf dem Markt eine Menge von Drittanbietern gibt, die Software für den automatisierten oder fehlerfreien Datenaustausch anbieten. Diese kostenpflichtigen Programme bieten zwischen CAD-Umgebungen Schnittstellen für den Datenaustausch an. Auf diese werden nicht eingegangen, da sowohl eine Direkt-Schnittstelle zwischen Autodesk Inventor und SolidWorks existiert als auch deren Lizenzierung nicht angedacht war.

## 4.1 Wiederherstellen der Bauteilhistorie

Bevor die Geometrie von importierten Teilen nach konstruktiven Bedürfnissen durch den CAD-Anwender modifiziert werden kann, muss deren Feature-Historie wiederhergestellt werden (siehe Kapitel 1.3). Da das Ziel native SolidWorks-Baugruppen aus konvertierten Teilen sind, sollten zuerst die für eine Baugruppe benötigten Teile konvertiert werden und in die Baugruppe danach auf diese referenziert werden. Das Ergebnis sind Baugruppen, in denen richtig angeordnete Teile *ohne* definierte Beziehungen zueinander vorliegen. Diese müssen erst wiederhergestellt werden, da trotz richtiger geometrischer Positionierung keine Parametrikdaten (in diesem Falle Geometriebeziehungen) vorliegen.

Zuerst sollte die betreffende Datei in SolidWorks geöffnet und danach automatisch durch die „Import-Diagnose“ von SolidWorks überprüft und repariert werden. Gewöhnlich vermag es SolidWorks, auch Dateien fremder Formate (zu denen Direktschnittstellen existieren) problemlos zu importieren und zu konvertieren. Sie ist befähigt, Geometriefehler selbstständig zu reparieren. Dies betrifft meist offene Konturen, die nachträglich durch Verlängerung bestehender Flächen geschlossen werden. Daraus entstehen intakte Geometriekörper (Solids), welche der weiteren Bearbeitung zugeführt werden können. Ist das alles gelungen, ist der Import erfolgreich abgeschlossen und es kann mit der Wiederherstellung der Parametrik begonnen werden.

Davor sollten jedoch noch die Optionen und Einstellungen zu FeatureWorks überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. So kann hier unter anderem festgelegt werden, ob FeatureWorks beim Erkennen der Features selbständig Zwangsbedingungen oder Bemessungen hinzufügen soll.

Geöffnet wird FeatureWorks über das Menü „Einfügen“ – „FeatureWorks“ oder durch Rechtsklick auf das einzige Feature im Feature-Baum (meistens unter der Bezeichnung „Importiert1“ laufend) und Auswahl von „FeatureWorks“. Daraufhin öffnet sich die Arbeitsoberfläche von FeatureWorks, in der es verschiedenartige Auswahlmöglichkeiten hinsichtlich der Erkennungsart und den zu erkennenden Features gibt.

FeatureWorks ist prinzipiell dazu in der Lage, Teile automatisch zu erkennen, doch hängt sowohl die Zuverlässigkeit als auch die zu erwartende Qualität maßgeblich von der Kompliziertheit der Geometrie ab. Durch manuelle Feature-Erkennung übt der Anwender einen größeren Einfluss aus, was ebenso von Vor- wie von Nachteil sein kann.

Daher sollte bei Blechteilen – insbesondere umso komplizierter diese sind – die interaktive Feature-Erkennung vorgenommen werden. Das hat auch noch den Vorteil, dass man den Feature-Baum, wie in der normalen Bauteilkonstruktion, „gestalten“ kann, also die Reihenfolge der zu erkennenden Features direkt deren Position innerhalb der Bauteilhistorie bestimmt. Zuerst erkannte Features erscheinen am Ende und zuletzt erkannte am Anfang des Feature-Baums.

Nachfolgend ein gangbarer Lösungsweg zur Erkennung von Features, der für sich gesehen nur ein möglicher von vielen ist, sich jedoch bewährt hat. Beginnen sollte man mit dem aufeinander folgenden Markieren und Erkennen von Verrundungen und Fasen. Daran anschließend sind Bohrungen an der Reihe und nach diesen sind es „lineare Austragungen“, Ausklinkungen u.ä.

Hinzugefügt werden sollte, dass SolidWorks nicht in der Lage ist, Blechlaschen zu erzeugen oder zu erkennen, welche über die Kantenometrie hinausragen. Bei der Konstruktion von Blechteilen wird in SolidWorks hierfür entweder das Feature „Geschlossene Ecke“<sup>4</sup> verwendet oder die Eckenfreistellung<sup>5</sup> als Attribut in den Optionen beziehungsweise den Einstellungen der Lasche definiert. Dieses Feature sowie die Eckenfreistellung können durch FeatureWorks nicht erkannt werden. Die daraus resultierenden Blechzungen der Laschen an den Ecken können daher nur über das Feature „Lineare Austragungen“ erkannt werden. Erst danach ist es möglich, die Blechlaschen selbst erkennen zu lassen.

Der Zwischenstand bis hierhin sollte sein, dass nur noch Blechfeatures für FeatureWorks zum Erkennen übrig geblieben sind. Darunter fallen hauptsächlich die Features Kante-Lasche, Gehrung-Lasche (Falz), skizzierte Biegung und Basis-Blech. Diese können nun in selbstgewählter Reihenfolge ergänzt werden, wobei das Basis-Blech das letzte Feature wäre, da es das Grund-Blech darstellt, an dem die ersten Laschen erstellt werden.

Eine Besonderheit von importierten Blechkörpern können u.a. geschlossenen Ecken sein, bei denen verrundete Übergänge zwischen Eckenfreistellungen und Laschen auftreten und die von SolidWorks als Verrundungen mit variablen Radius oder mit Splines interpretiert. Das führt dazu, dass FeatureWorks unter Umständen nicht dazu in der Lage ist, Laschen zu erkennen, da diese einerseits über die Kantenometrie hinausragen und andererseits die Verrundungen von FeatureWorks weder erkannt noch gelöscht werden können und es somit an seine Grenzen stößt.

Nachdem auch das letzte Feature erkannt wurde, beginnt SolidWorks mit dem Neuaufbau des Teils mit allen Laschen, Austragungen, Bohrungen usw., so, als ob dieses Teil ursprünglich in SolidWorks konstruiert worden wäre. So erhält man ein vollständig veränderbares, mit Parametrik ausgestattetes Teil, welches ja das Ziel der Bearbeitung des importierten Körpers war.

---

<sup>4</sup> Hierbei werden die Seitenflächen der angrenzenden Laschen bis zu definierten Abständen verlängert

<sup>5</sup> Definierte geometrische Eckengestaltung an den Enden der Biegelinien, die für das problemlose Biegen unabdingbar ist

## 4.2 Beziehungen in Baugruppen

Nach der Konvertierung der Einzelteile kann man auch die Baugruppen (Assemblies) in SolidWorks importieren und konvertieren. Hierzu benötigt man explizit aber kein Zusatzmodul oder integriertes Add-In, sondern muss nur im Menü von SolidWorks „Datei öffnen“ die Baugruppe öffnen. Da es sich hier um Baugruppen handelt, die nicht im originären SolidWorks-Format vorliegen, muss es sich wie bei Teilen um ein von SolidWorks lesbares Format handeln. Unterstützt werden neben Austauschformaten wie IGES und STEP unter anderem auch Dateien von Inventor, Pro/E und SolidEdge.

Werden Baugruppen importiert, werden auch alle darin referenzierten (Norm-)Teile in der richtigen geometrischen Anordnung zueinander importiert. Da es sich dabei um die referenzierten Originaldateien handelt, besitzen auch keine dieser Teile parametrische Eigenschaften. Deshalb müssen die Referenzen zu den Originaldateien umgeändert werden auf die, wie im vorherigen Kapitel beschrieben, konvertierten Teiledateien. Aber auch danach liegen keinerlei parametrische Beziehungen zwischen den Teilen vor. Diese Beziehungen müssen erst wiederhergestellt werden. Darin unterscheidet sich dieser Arbeitsgang nicht von der üblichen Baugruppenerstellung, außer dass schon alle Teile in der Baugruppe vorliegen (mit richtigen Abständen zueinander).

Als Ergebnis erhält man auch hier quasi-native Bauteildateien, die sich nicht von in SolidWorks konstruierten unterscheiden.

## 4.3 Konvertieren von Zeichnungen

Prinzipiell ist es nicht ohne weiteres möglich, Zeichnungen ähnlich den Teilen und Baugruppen zu importieren, geschweige denn zu konvertieren. Das hat zur Folge, dass die Zeichnungen zu konvertierten Teilen und Baugruppen komplett neu erstellt werden müssen. Die Originalzeichnungen können hierbei nur als Vorlage dienen, falls man auf ein- und denselben Rechner auch noch das entsprechende Herkunfts-CAD-System oder zumindest einen dazugehörigen Viewer<sup>6</sup> installiert hat.

Zwar gibt es hierfür Austauschformate, darunter im Format DXF, DWG und GEO. Das heißt, im Quellsystem müssen die Zeichendateien in den genannten Formaten exportiert werden und können im Anschluss daran von SolidWorks importiert und geöffnet werden. Jedoch gehen die Referenzen der Zeichnung zum Ursprungsbauteil verloren und das Format der importierten Zeichnung an sich wird auch nicht dem SolidWorks-Format entsprechen (bezüglich z.B. Linienstärken).

Es können in SolidWorks importierte DXF- und DWG-Zeichnungen zwar verändert und anders bemaßt werden, jedoch werden dann die darin dargestellten und bemaßten Teile respektive Baugruppen nicht aktualisiert, da keine Verknüpfungen zwischen Zeichnung und Teilen mehr vorliegen. So können diese Formate lediglich zur Illustration oder zur Dokumentation von Entwicklungsständen verwendet werden.

---

<sup>6</sup> Das sind von CAD-Anbietern bereitgestellte, meist kostenlose Programme zur Ansicht von (3D-)Teilen, Baugruppen und/oder Zeichnungen

## 4.4 Übergabe an die Arbeitsvorbereitung

Neben dem beschriebenen horizontalen Datenaustausch zwischen verschiedenen CAD-Systemen ist von besonderem Interesse der vertikale Datenaustausch zwischen einer CAD- und einer CAM-Umgebung. Die folgenden Kapitel behandeln dabei die Aufbereitung der 3D-Geometrie in der Konstruktionssoftware sowie die Übergabe an die Arbeitsvorbereitung. Geklärt werden soll, inwieweit die CAD-Applikation zusätzlich zur Geometrie mithilfe bereitgestellter Zusatzmodule noch weitergehende Informationen zu den Arbeitsvorgängen und Fertigungsverfahren für die NC-Programmierung bereitstellen kann.

Die Aufgabe der Arbeitsvorbereitung ist es, den Teiledaten Technologiedaten zuzuweisen, aus denen die CAM-Software den NC-Programmcode erstellt. Diese kann entweder büro- oder werkstattorientiert (WOP) erfolgen. TruTops ist eine büroorientierte CAM-Software, die die Maschinen über ein DNC-Netzwerk ansteuert und die NC-Programme übermittelt.

Auf die Arbeitsvorbereitung beziehend soll an dieser Stelle auf die Technologiedaten eingegangen werden. Im Gegensatz zu den Geometriedaten, die sowohl die dreidimensionale Darstellung des Blechteils als auch die Kontur von dessen Abwicklung beinhaltet, umfassen die Technologiedaten vorwiegend direkte und indirekte Informationen zur Fertigung. Sie werden während der Programmierung im NC-Code hinterlegt.

Dazu gehören die Biegelinien und die Biegerichtung mit den Koordinaten, an denen auf der Blechplatte das Werkzeug angreift. Weiterhin gehören in diese Kategorie der Biegeradius und die -zugabe. Befindet sich das Biegewerkzeug im Eingriff, wird während des Umformvorganges der Werkzeugradius auf das Blech übertragen und dieses um den Wert der Biegezugabe auf der Zugseite verlängert.

Weitere wichtige Eigenschaften beziehen sich auf das Material und die Materialstärke. Das Material stellt in Abhängigkeit seiner Festigkeit, Härte, Duktilität und auch seiner Dicke unterschiedliche Anforderungen an die Biegewerkzeuge und -maschinen. So lässt sich grob abschätzen, dass auf der Entwicklungs- und Konstruktionsebene viele Eingaben realisiert werden, die auch für die Arbeitsvorbereitung wichtig sind. Dabei kommt die Frage auf, inwiefern diese Daten in die CAM-Umgebung übernommen werden können und wie viel durch den Arbeitsvorbereiter erneut zugewiesen werden muss. Dieser Frage soll in den kommenden Kapiteln nachgegangen werden.



## 5 Zusatzmodule zu SolidWorks

Im folgenden Abschnitt wird die Integration von SolidWorks in die Prozesskette Blech innerhalb der ANTARES GmbH diskutiert. Dazu werden die Möglichkeiten von SolidWorks in der Professional-Version ebenso betrachtet wie die von separat erwerbbaaren Zusatzmodulen zu dieser 3D-Konstruktionssoftware. Zusatzmodule sind in diesem Falle Softwarepakete von Zweitanbietern, die Konstruktionsprogramme um zusätzliche Funktionen erweitern, darunter Blech-, Simulations- (FEM) und erweiterte Schnittstellenmodule oder Zusatzanwendungen für das fotorealistische Rendern.

Dahingehend stellte sich die Frage, ob während der Integration von SolidWorks in die Prozesskette Blech durch die Vielzahl an Zusatzmodulen weitere Vorteile wahrgenommen werden können. Von besonderem Interesse war die Aussicht, eine Brücke zwischen der Konstruktion und der Arbeitsvorbereitung schlagen zu können. Damit zusammen hängt die mögliche Verkürzung der benötigten Zeit, um NC-Programme zu generieren. Weiterhin soll die Mehrfacheingabe minimiert werden, die durch doppelte Zuweisung von Blech- und Biegeinformationen erst im 3D-CAD-System und anschließend in der CAM-Software vorgenommen werden muss.

Die Betrachtung richtet sich somit auf die Art und Menge der Funktionen, die die Software bietet. Im Fokus des Interesses steht hierbei die Leistungsfähigkeit der Module. Das heißt in erster Linie, wie viele Funktionen werden geboten und welche Aufgaben können damit in welchem Umfang erfüllt werden. Weiterhin geht es um die Vollständigkeit der übertragenen Informationen und die Bediener- und Einsteigerfreundlichkeit.

Im Fokus stehen hier insbesondere lizenzierbare Zusatzmodule zu SolidWorks, die schon im Vorfeld der Arbeitsvorbereitung die Dateien mit Informationen zu Biegeradien, Biegewerkzeugen und zu Verkürzungswerten versehen. Diese Informationen bleiben, wenn sie einmal zugewiesen wurden, auch bei Modelländerungen erhalten und sind nach der Erzeugung der aktualisierten GEO-Datei wiederum abrufbar.

### 5.1 SolidWorks Professional ohne Zusatzmodule

Nach der Konstruktion oder dem erfolgreichen Import und der Konvertierung folgt die Übergabe der Modelldaten an die Arbeitsvorbereitung. Ohne zusätzliche Module wird die Übergabe durch den Export der Abwicklung im Dateiformat DXF realisiert. Darin unterscheidet sich SolidWorks nicht von Autodesk Inventor oder anderen Konstruktionsprogrammen. In diesem Format ist die Kontur des Blechteils im abgewickelten Zustand hinterlegt.

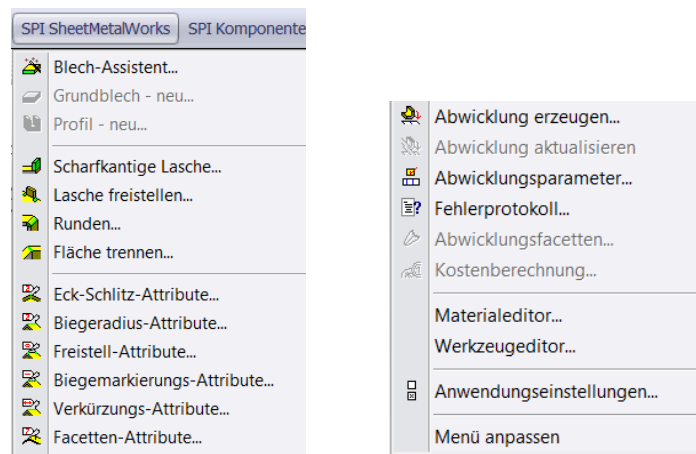
Diese DXF-Dateien müssen nachfolgend noch mit CAM-Software bearbeitet werden. Diese exportiert abschließend die Teiledaten in einem maschinenlesbaren Format und übergibt diese an die Fertigung, vorzugsweise innerhalb eines DNC-Netzwerkes. Während der Arbeitsvorbereitung findet die NC-Programmierung statt, in deren Verlauf Informationen zu verwendeten Werkzeugen, Biegelinien und Biegerichtung, Material und Blechdicke hinzugefügt werden. Mit diesen Eingaben erstellt die CAM-Anwendung das nötige NC-Programm, um die Blechbiegeteile sowohl in der Laserschneidmaschine als auch auf der Abkantpresse zu fertigen. Im ersten Schritt Zur Weitergabe an die Fertigung werden diese Dateien in der CAM-Software im GEO-Format exportiert.

Je nach Komplexität des Teils und nach Anzahl der Biegungen an einem Blechteil kann die Bearbeitung sehr zeitintensiv ausfallen. Insbesondere die genaue Definition der Biegungen samt Biegelinie und -richtung, die genaue Positionierung der Werkzeuge sowie die Simulation des Umformvorgangs schlagen hierbei zu Buche. Die Biegesimulation selbst kann auch mit der Hilfe von Zusatzmodulen nicht durch SolidWorks übernommen werden. Die eindeutige Zuordnung der Biegelinien und -radien findet jedoch schon während der Konstruktion statt, sodass die erneute Zuweisung in der CAM-Umgebung eine ungewollte Mehrfacheingabe darstellt. Dieses Vorgehen benötigt nicht nur eine Menge Arbeitszeit, sondern stellt darüber hinaus eine kritische Fehlerquelle dar, wenn Daten in der Arbeitsvorbereitung falsch zugewiesen oder übernommen werden.

Daher sind die vorrangigen Ziele vor allem die Vermeidung der mehrfachen Eingabe gleicher Werte oder Informationen, sowie die Verkürzung der benötigten Zeit zur Bearbeitung der Teile in der Arbeitsvorbereitung. Dazu ist SolidWorks nicht in der Lage; alle wichtigen Technologiedaten müssen nachfolgend wie an obiger Stelle beschrieben in der CAM-Software erneut zugewiesen werden. In den folgenden Kapiteln soll es hingegen um die Frage gehen, inwiefern hier mit der Hilfe zusätzlicher Softwarepakete Abhilfe geschaffen werden kann.

## **5.2 SPI SheetMetalWorks**

SheetMetalWorks ist ein von der Firma SPI GmbH angebotenes Zusatzmodul zu SolidWorks, das speziell für die Entwicklung und Fertigung von Blech zugeschnitten ist. Es ist vollständig in SolidWorks integriert (Add-In) und ermöglicht sowohl die Konstruktion von Blechteilen inklusive umfangreicheren Möglichkeiten des Abwickelns, als auch die Möglichkeit des direkten Exports des Blechteils als GEO-Datei an die Laserschneid- und Biegemaschinen [vgl. hierzu SPI2011]. SheetMetalWorks stellt mit dem GEO-Format eine Schnittstelle zur Verfügung, die ausschließlich für die Verwendung zwischen SolidWorks und TruTops konzipiert wurde.



**Abbildung 4: Das Menü von SPI SheetMetalWorks**

**Linke Seite:** die obere Hälfte mit erweiterten Blechfunktionen

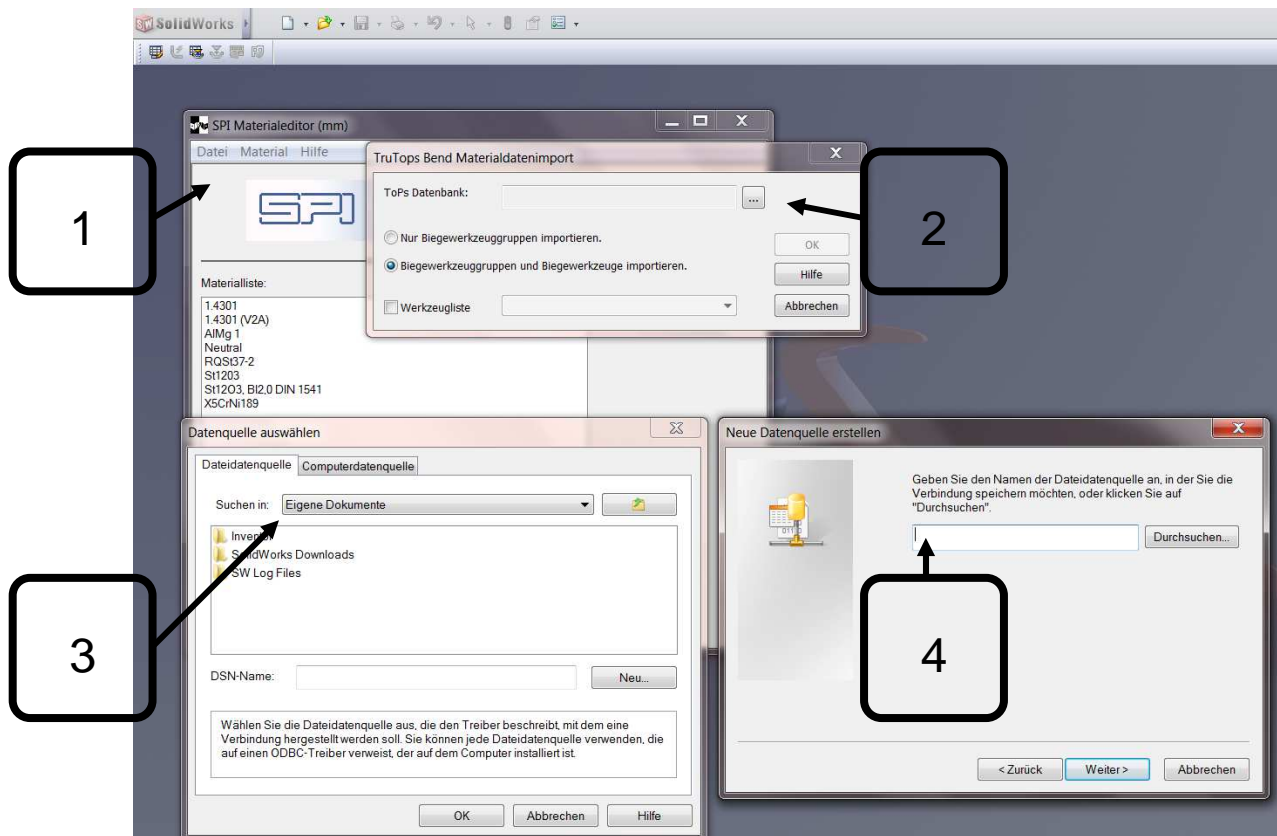
**Rechte Seite:** die untere Hälfte mit Abwicklungsoptionen (für zylindrische Flächen, sowie für komplizierte Geometrien, usw.) und Zugriff auf Material und Werkzeuge

Zur Einschätzung der Leistungsfähigkeit dieses Zusatzmoduls wird seitens SPI eine Testversion für einen Zeitraum von 30 Tagen angeboten.

Über eine Importfunktion können Material- und Biegeinformationen direkt aus den NC-Datenbanken in SheetMetalWorks übernommen werden. Hierfür muss auf den Netzwerk-Rechner mit der Werkzeugdatenbank referenziert werden, wodurch diese unmittelbar in SheetMetalWorks zur Verfügung steht (vgl. Abbildung 5). Daraufhin können die benötigten Material-, Biege- und Werkzeugattribute dem Blechteil hinzugefügt werden. Außerdem erlaubt SheetMetalWorks den weitestgehend freien Eingriff in diese Technologiewerte.

Im Materiaeditor, zu finden im Menü von SheetMetalWorks, hat der Nutzer vollen Zugriff auf die Materialien (vgl. Abbildung 4). Diese können nicht nur verändert, sondern es können auch neue definiert und hinzugefügt werden. Ebenfalls im Materiaeditor können die Biegewerkzeuge eingesehen und zugewiesen werden. Es ist außerdem möglich, auf Biegewerte zuzugreifen und diese gegebenenfalls anzupassen. Selbst die Erstellung neuer Werkzeuge mit benutzerdefinierten Eigenschaften ist zulässig. Von größerer Bedeutung ist jedoch die Möglichkeit, die Werte oder aber auch die Berechnungsformeln für die Biegezugaben anzupassen, falls es sich als nötig erweisen sollte.

Verbunden mit diesem hohen Grad an Einflussmöglichkeit ist ein gewisses Maß an erforderlicher Einarbeitungszeit, aber eben auch eine hohe Flexibilität. Somit hat der Anwender einen beinahe unbegrenzten Einfluss auf die Blecheigenschaften, insbesondere jene, die zur Übergabe an die Arbeitsvorbereitung wichtig sind.



**Abbildung 5: Import der Datenbank in SheetMetalWorks**

- 1) Hauptmenü des SPI Materialeditors
- 2) Menü für den Materialimport
- 3) Pfadangabe für die Werkzeugdatenbank
- 4) Angabe der Quelldatei

### 5.2.1 Festlegen der Technologiedaten

Konstruktionsanwendungen sind meist darauf beschränkt, die Abwicklung an die Arbeitsvorbereitung übergeben zu können. Mithilfe von SheetMetalWorks ist SolidWorks weiterhin dazu in der Lage, zusätzlich noch Technologiedaten weiterzugeben. Darunter fallen die zu verwendenden Werkzeuge, Blechdicke, Materialart, Biegelinien und -richtung, sowie Stanzfeatures.

In der ANTARES GmbH wird das Blech gelasert, danach gebogen und gegebenenfalls im Anschluss daran geschweißt. Das sonst in der Blechbearbeitung häufig anzutreffende Stanzen wird nicht angewandt. Die untersuchte Leistungsfähigkeit von SheetMetalWorks klammert somit Stanzbearbeitungen ausdrücklich aus und beschränkt sich auf Laserschneid- und Biegeoperationen.

In diesem Sinn stellt die Weitergabe der Abwicklung keine Probleme dar, da die Abwicklung in 3D-Konstruktionsprogrammen parallel zur Konstruktion des Blechteils erzeugt werden kann. Die spezifischen Werkzeuge aus der zugehörigen Werkzeugliste dem jeweiligen Teil zuzuordnen setzt jedoch das Wissen um die in der Fertigung verwendeten Werkzeuge voraus, da jede Oberwerkzeug-Unterwerkzeug-Kombination womöglich unterschiedliche Biegezugaben bedingen und so die Gesamtgeometrie beeinflussen. Es muss also die richtige Werkzeugpaarung selektiert werden, um die Zielgeometrie zu erhalten.

SheetMetalWorks filtert hierbei auf Wunsch die geeignetsten Werkzeuge aus der umfangreichen Werkzeugdatenbank heraus und bietet diese zur Auswahl an (vgl. Abbildung 6).

Im Falle der ANTARES GmbH handelt es sich um eine Werkzeugauswahl bestehend aus drei Oberwerkzeugen und sechs Matrizen für eine Abkantpresse. SheetMetalWorks schlägt geeignete Werkzeuge in Abhängigkeit von Material, Blechdicke und Biegeradius vor, aus denen jene ausgewählt werden können, die in der Fertigung verwendet werden.

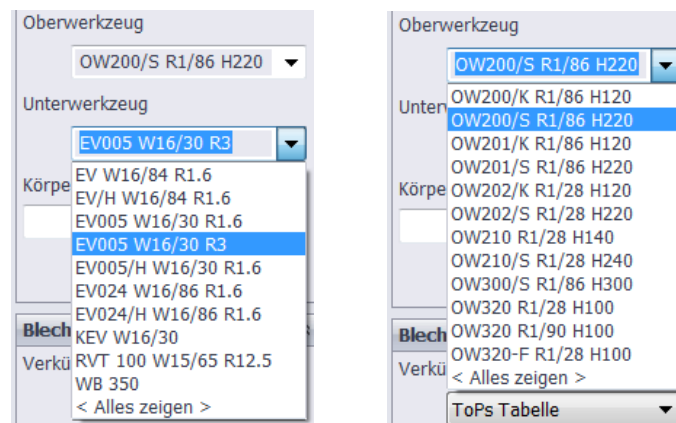
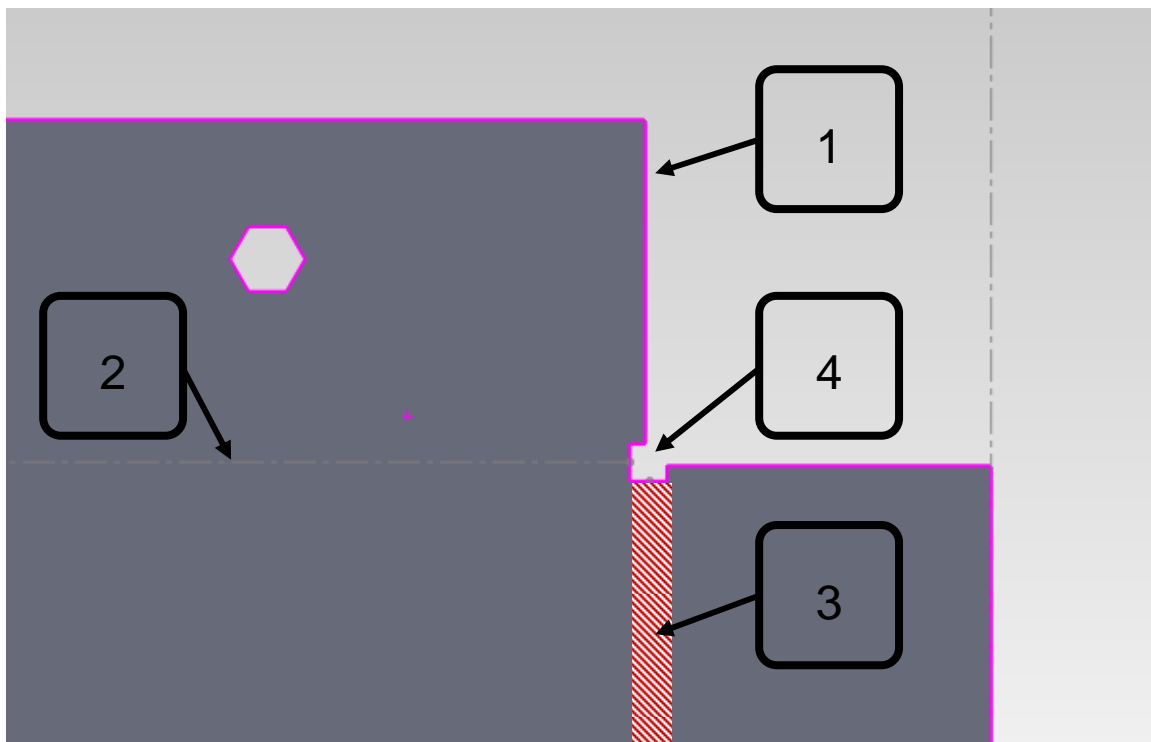


Abbildung 6: Auswahl von Unter- (links) und Oberwerkzeugen (rechts)

## 5.2.2 Verwendung an importierten Bauteilen

Im vorigen Abschnitt wurde dargelegt, wie SheetMetalWorks für die Bearbeitung von Blechteilen verwendet werden kann. Weiterhin ist SheetMetalWorks befähigt, auch importierte Teile bar parametrischer Informationen abzuwickeln, benötigte Biegedaten bereitzustellen und als GEO zu exportieren. Somit ist es unter Umständen nicht einmal nötig, die Feature-Erkennung durchzuführen. Sinnvoll kann das unter Umständen sein, wenn Teile in der SolidWorks-Umgebung nicht gepflegt, sondern nur abgewickelt und an die Arbeitsvorbereitung übergeben werden sollen.



**Abbildung 7: Kritische Blecheigenschaften**

- 1) Kontur
- 2) Biegelinie
- 3) Biegezone
- 4) Freistellung

Problemfelder beziehen sich auf die Biegezugabe, die Biegelinie und die Freistellung (vgl. Abbildung 7). Am einfachsten stellt sich immer noch die Zuweisung der Biegelinie dar. SheetMetalWorks übernimmt die richtige Lage der Biegelinie aus der Geometrie des Blechteils, wobei der Biegeradius im Nachhinein ohne Beeinträchtigung der Richtigkeit von SheetMetalWorks abgeändert und modifiziert werden kann. Somit dieses Zusatzmodul in der Lage, Abwicklungen mit den richtigen Biegezugaben zu erstellen, Biegeradien zuzuweisen, sowie diese als GEO zu exportieren und derart an die Arbeitsvorbereitung zu übergeben.

Als kritisch erweisen sich Freistellungen, da es sich bei diesen innerhalb importierter Teile nicht um parametrikbehaftete Features handelt, die bearbeitet oder modifiziert werden können. Stattdessen werden Freistellungen durch ihre Geometrie repräsentiert. SheetMetalWorks ist aber auch in diesem Fall in der Lage, die Freistellung wie in originären SolidWorks-Dateien zu berechnen. So werden der Biegeradius und die Freistellung von SheetMetalWorks modulintern definiert, gespeichert und zur Berechnung der Abwicklung und insbesondere der GEO-Datei herangezogen.

### 5.2.3 Einschätzung von SheetMetalWorks

SheetMetalWorks ist ein umfangreiches und leistungsstarkes Modul zu SolidWorks. Da es vollständig in SolidWorks integriert ist, kann man in der gewohnten Arbeitsoberfläche operieren. Es ermöglicht die Ein- und Weitergabe von relevanten Informationen, von der kompletten Kontur im abgewickelten (insbesondere für die Laserbearbeitung) und im nicht-abgewickelten Zustand, über Biegelinien und Biegerichtung, bis hin zu den benötigten Werkzeugen samt den Biegeradien und Biegezugaben.

Dieser Umstand bietet die Möglichkeit, fertigungsnah zu konstruieren, da die von Werkzeugen abhängigen Biegeradien und -zugaben schon in der Entwicklungsphase zugewiesen werden können. Von besonderer Wichtigkeit sind hierbei die Biegeinformationen, die der NC-Programmierer den Teilen hinzuzufügen hat. Im Regelfall muss beim Teileimport in der CAM-Software, wenn es über das DXF-Format realisiert wird, jede Biegung und Biegelinie definiert werden, mit Biegerichtung, Öffnungswinkel und Werkzeugen.

Durch SheetMetalWorks soll diese Art redundanter Dateneingabe günstigstenfalls entfallen können – denn normalerweise werden beispielsweise die Lage der Biegelinie, die Biegerichtung und der Öffnungswinkel schon vorher in der 3D-Entwicklungsanwendung festgelegt. Aber auch wenn unvollständige oder fehlerhafte Biegeinformationen eingebracht wurden, können diese in der CAD- oder CAM-Umgebung problemlos korrigiert werden. Der Vorteil besteht also hauptsächlich in der Zeitersparnis nach dem Dateiimport in die CAM-Software, wenn der Anwender weder DXF-Files in das GEO-Format konvertieren, noch Biegelinien neu definieren muss.

Begrenzt ist dieses Moduls unter anderem dadurch, dass trotz gewissenhafter Eingabe von Daten diese nicht hundertprozentig in der CAM-Umgebung eingelesen werden können, sodass Mehrfacheingaben nicht ganz vermieden werden können. Der CAM-Anwender muss somit die übertragenen Werte für die Blechdicken, Werkzeugkombinationen und Biegeradien kontrollieren und gegebenenfalls korrigieren, sollten unvollständige oder falsche Biegeinformationen hinterlegt worden sein.

Während und nach der Kontrolle der übergebenen Fertigungsdaten in der CAM-Anwendung lässt sich eine Unterscheidung bezüglich der erfolgreichen und unvollständig beziehungsweise auch fehlerhaften Übergabe treffen. Das Material und die Blechdicke müssen in TruTops erneut festgelegt werden, da die CAM-Software in diesem Fall die Eingaben aus SheetMetalWorks nicht zu interpretieren und damit zu nutzen vermag.

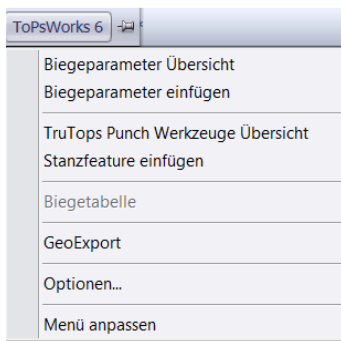
Zu den vollständig übertragenen Daten gehören die Werkzeuge und mit ihnen die Biegezugabe und der Biegeradius. Sind diese erst einmal in SheetMetalWorks zugewiesen, stehen diese sowohl in SolidWorks als modifizierbare Attribute als auch in TruTops als Fertigungsdaten zur Verfügung. Sie werden in der CAM-Umgebung vollständig referenziert, sodass der Software mit den Biegewerkzeugen auch implizit die Werte für die Biegeradien und -zugaben anwenden kann. Das führt dazu, dass sowohl die in SolidWorks mit SheetMetalWorks erstellte, als auch die in TruTops geöffnete Abwicklung die richtige Kontur und Biegezugabe aufweisen (vgl. dazu Kapitel 5.4.2).

## 5.3 DPS ToPsWorks

ToPsWorks ist, genau wie SheetMetalWorks, ein in SolidWorks integriertes Zusatzmodul von der Firma DPS Software GmbH, das in Zusammenarbeit mit dem Maschinenhersteller TRUMPF GmbH + Co. KG entwickelt wurde. Auch hier entsteht am Ende eine GEO-Datei als Ergebnis, die mit allen nötigen Kontur-, Stanz- und Biegeinformationen an die Arbeitsvorbereitung übergeben werden kann.

Die DPS Software GmbH bietet ebenfalls für einen Zeitraum von 30 Tagen ihr Blech-Zusatzmodul zum Testen an.

ToPsWorks setzt dabei auf eine flexible Fertigungsstätten-Verwaltung, mit deren Hilfe man auch mehrere unterschiedliche CNC-Maschinen und deren Werkzeuge verwalten kann (z.B. Abkantpressen, Stanzmaschinen). Die Werkzeuginformationen können auch hier aus der CAM-Datenbank übernommen und in SolidWorks beziehungsweise ToPsWorks importiert werden. Während der Arbeit mit ToPsWorks muss jedoch eine permanente Netzwerkverbindung zwischen dem Arbeitsplatz mit der Datenbank und dem System mit SolidWorks bestehen.



### ***Das Menü von ToPsWorks:***

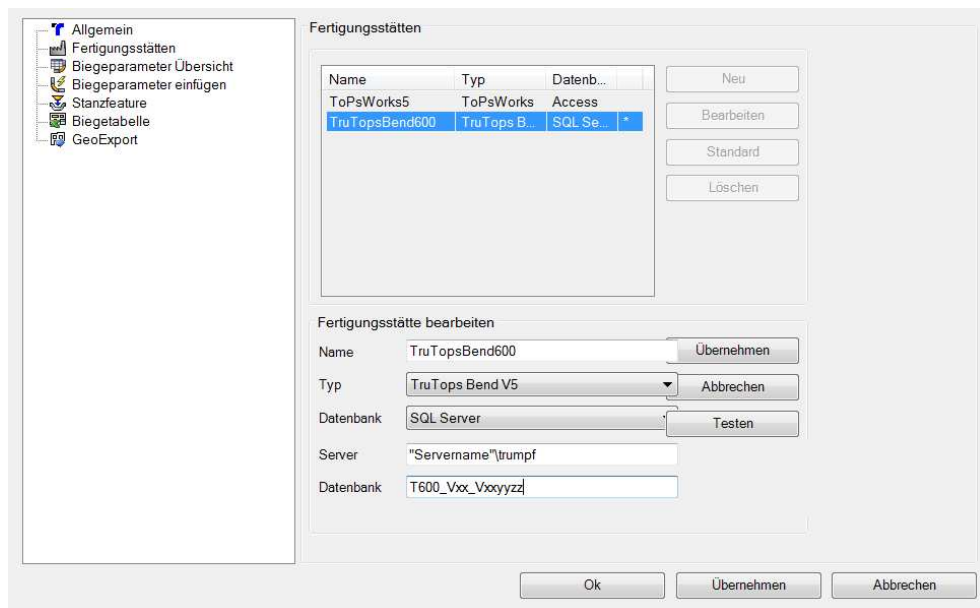
Übersicht über Stanz- und Biegewerkzeuge, Zuweisung von Biegeparametern und Export von GEO-Files

**Abbildung 8: Menü von ToPsWorks**

Der Leistungsumfang unterscheidet sich jedoch ganz erheblich von SheetMetalWorks und beinhaltet keinerlei Blechbearbeitung (was jedoch nicht besonders schwer wiegt, da SolidWorks standardmäßig ein leistungsfähiges und zugängliches Blechmodul besitzt), sondern beschränkt sich auf die Kernfunktion dieses Zusatzmoduls: das Bereitstellen einer leistungsstarken Schnittstelle zwischen CAD und CAM. Dabei handelt es sich um eine Schnittstelle, die auf die beiden Anwendungen SolidWorks und TruTops beschränkt ist.

In der Fertigungsstätten-Verwaltung können zu jedem Blechteil die Stanz- und Biegewerkzeuge in Abhängigkeit der Materialstärke, dem Biegeradius und dem Biegewinkel zugewiesen werden. Diese Informationen werden dem Teil als Attribut hinzugefügt und dieses kann im Anschluss als GEO-Datei exportiert und an die Arbeitsvorbereitung übergeben werden. Da die ANTARES GmbH sich auf das Abkanten als umformendes Verfahren beschränkt, wird an dieser Stelle nur auf das Biegen Bezug genommen.





**Abbildung 9: Eingabe des Pfades der Datenbank**

Obschon auch ToPSWorks dem Anwender eine Reihe von Möglichkeiten bietet, verschiedene Einstellungen anzupassen, sind diese weniger umfangreich als bei SheetmetalWorks. Weder die Werkzeuge, noch die Materialien oder die Blechdicken können ohne weiteres innerhalb von ToPSWorks konfiguriert werden, sondern werden direkt so übernommen, wie sie von der Datenbank importiert wurden.

### 5.3.1 Festlegen der Technologiedaten

Über den Menüpunkt „Biegeparameter einfügen“ gelangt man in die Menüoberfläche von ToPSWorks und kann hierauf nach Auswahl der gewünschten Datenbank (je nach Maschine) für jede im Teil vorkommende Biegung die zugehörigen Biegeattribute zuweisen: das Material, das Ober- und das Unterwerkzeug, den Soll-Biegeradius und die Berechnungsmethode für die Biegezugabe beziehungsweise gleich einen benutzerdefinierten Wert für diese.

Obwohl ToPSWorks während der Bearbeitung direkt auf die TruTops-Datenbank zugreift, werden die Material-ID und die Werkzeuggruppen nicht oder nicht vollständig in die Teiledatei gespeichert. Bezüglich des Materials muss die Zuweisung trotz Eingabe in SolidWorks in dem CAM-Programm wiederholt werden, die Mehrfacheingabe kann somit nicht völlig umgangen werden.

Die Werkzeuge in ToPSWorks können optional mit Hilfe von so genannten Referenzwerkzeugen festgelegt werden. Diese repräsentieren eine spezifische Werkzeuggruppe mit gleichen Werten für den Biegeradius und die Biegezugabe. Damit verringert sich die Menge an zur Auswahl stehenden Werkzeugen, was einerseits der Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit zuträglich ist, andererseits aber zu Ungenauigkeiten führen kann. Beispielsweise ist es möglich, dass gerade das in der Fertigung eingesetzte Werkzeug nicht zur Auswahl steht.

Die Zuweisung der Werkzeuge kann jedoch auch durch die separate Auswahl von Ober- und Unterwerkzeug erfolgen. Ob die Werkzeugauswahl über Referenzwerkzeuge oder über Ober- und Unterwerkzeug erfolgen soll, kann in den Optionen von ToPsWorks eingestellt werden. Die Definition der Biegecharakteristika würde in diesem Fall ähnlich wie in SheetMetalWorks ablaufen, sodass jeder Biegung in der Auflistung einzeln eine Werkzeuggruppe bestehend aus Stempel und Matrize zugeordnet werden würde.

Während der Bearbeitung mit ToPsWorks und der Zuweisung von Biegeparametern werden mit den Werkzeugen auch die Biegeradien und -zugaben zugewiesen. Neben vorgeschlagenen Berechnungsvorschriften können auch benutzerdefinierte Werte eingesetzt werden. Der CAD-Anwender hat somit die Möglichkeit, die Blecheigenschaften frei zu beeinflussen.

### **5.3.2 Verwendung an importierten Bauteilen**

ToPsWorks kann nicht ohne Vor- und Nacharbeit zur Bearbeitung importierter Teile eingesetzt werden. Jedoch können durch das Blechmodul von SolidWorks auch importierte Teile schnell und unkompliziert in Blech umgewandelt werden. Zu beachten ist hierbei, dass man diesen Teilen damit nur Eigenschaften von Blech zuweist, wie zum Beispiel die Fähigkeit, abgewickelt zu werden. Dem Teil wird damit noch keinerlei Parametrik verliehen, wie es bei der Feature-Erkennung der Fall ist. In dieser Situation liegen die Radien der Biegungen ebenfalls nicht als Parameter, sondern nur als Geometrie vor. Das heißt, diese liegen mit unveränderlichen Biegeradien vor, mit denen das Teil im Ausgangs-3D-CAD-System konstruiert wurde.

Infolgedessen ist ToPsWorks in derart gestalteten Fällen außerstande, bei Zuweisung von Werkzeugen die in der Datenbank hinterlegten Werte für den Biegeradius zu übernehmen. Dazu wäre ein Eingriff in die Geometrie notwendig, welcher aber nur über FeatureWorks in der SolidWorks-Umgebung möglich ist.

Somit bleibt festzuhalten, dass ToPsWorks zusammen mit dem Blechmodul von SolidWorks in der Lage ist, auch importierte Teile abzuwickeln. In diesen Fällen sollten die dem Blechteil zugrunde liegenden Biegeradien jedoch jenen entsprechen, die in Abhängigkeit der Werkzeuge in der Fertigung Verwendung finden. Stimmen die Ist- und Soll-Biegeradien nicht überein (aus welchen Gründen auch immer), ist es aus Gründen der Maßhaltigkeit unter Umständen nötig, mit Hilfe von FeatureWorks die Feature-Erkennung vorzunehmen.

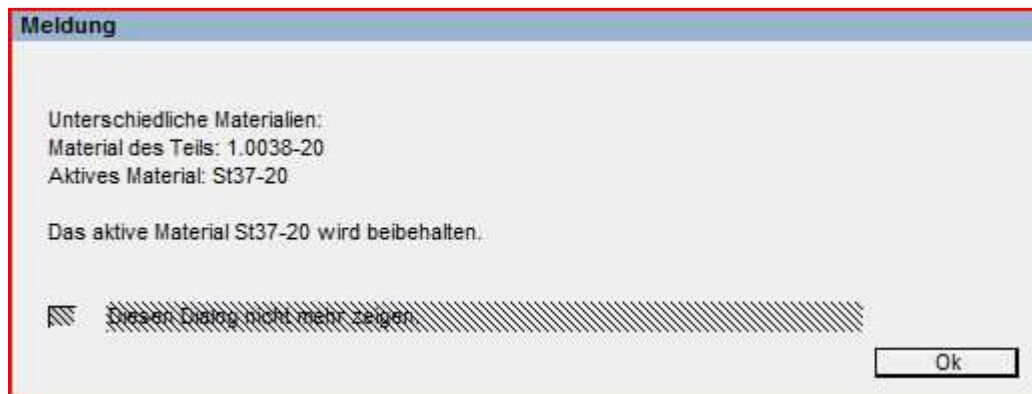
Auch mit ToPsWorks bleibt das Problem bestehen, dass das Ändern des Biegeradius an der Entstehung inkorrektur Freistellungen scheitern kann. Der CAD-Anwender muss daher im Anschluss die betroffenen Freistellungen auf ihre Korrektheit überprüfen und gegebenenfalls reparieren.

### 5.3.3 Einschätzung von ToPsWorks

ToPsWorks hat einen kleineren Umfang als dessen Konkurrenzprodukt. Jedoch stellt es auch in seiner Konzeption kein Modul zur Blechkonstruktion, sondern eher eine Art erweiterte Schnittstelle dar. Es soll dem CAD-Anwender ein Werkzeug an die Hand geben, mit dem dieser fertigungsgerechter konstruieren können soll. Dies gelingt insoweit, als dass durch Auswahl der (richtigen) Werkzeuge auch implizit die in der Datenbank hinterlegten Biegeradien und Biegezugaben zu den bearbeiteten Biegungen hinzugefügt werden.

Zu den übertragenen Technologiedaten gehört bei ToPsWorks die Abwicklung mit definierten Biegelinien. Das heißt, die Biegerichtung muss nicht mehr durch den Arbeitsvorbereiter festgelegt werden, da diese Information mit den durch ToPsWorks erstellten GEO-Dateien an die CAM-Applikation übergeben wird. Außerdem gehört daneben noch der Öffnungswinkel dazu, der ebenfalls durch SolidWorks in der GEO-Datei gespeichert wird und in TruTops nutzbar ist.

Unvollständig sind die Datei- und Materialinformationen. Sie können mit Hilfe von ToPsWorks nicht komplett an die Arbeitsvorbereitung übergeben werden. Letztendlich fehlen diese Eingaben in TruTops oder liegen in einem Format vor, in dem sie von dieser CAM-Software nicht erkannt werden kann. Der NC-Programmierer selbst muss in diesen Fällen dann diese Angaben in der Software machen, sodass ToPsWorks hier keinerlei Vorteile vorweisen kann. Das trifft insbesondere auf das Material zu, das nicht durch das CAM-System erkannt wird und durch den Programmierer korrigiert werden muss (vgl. Abbildung 10).



**Abbildung 10: Fehlermeldung von TruTops über falsche Materialeingabe**

Nichtsdestotrotz bietet ToPsWorks dem CAD- und dem CAM-Anwender einige handfeste Vorteile. In der Phase der Entwicklung werden dem Konstrukteur schon Technologiedaten und insbesondere die Werkzeuge zugänglich gemacht. Den Biegungen werden demzufolge in Abhängigkeit der selektierten Werkzeuge sowohl Biegeradien als auch Biegezugaben zugewiesen. Dieselben Informationen stehen auch dem Arbeitsvorbereiter zur Verfügung, nachdem das Teil im GEO-Format übergeben wurde.

## 5.4 Ergebnisvergleich

Das folgende Kapitel soll die in den Kapiteln 5.1 bis 5.3 herausgearbeiteten Vor- und Nachteile an einem bearbeiteten Beispiel illustrieren. Bei diesem Beispiel handelt es sich um ein Blechteil mit vier Biegungen. Des Weiteren hat es eine Materialstärke von zwei Millimetern und besteht aus einem niedrig legierten Stahl der Sorte S235JR, welches dem Stahl St37 (Materialnummer 1.0038) entspricht.

Diese Werkstoff- und Teileeigenschaften müssen vom Arbeitsvorbereiter mit einem erheblichen Zeitaufwand zugewiesen werden. Dieses Kapitel beschreibt Lösungsansätze verschiedener Systemhäuser, diese Mehrfacheingabe zu vermeiden respektive zu verringern.

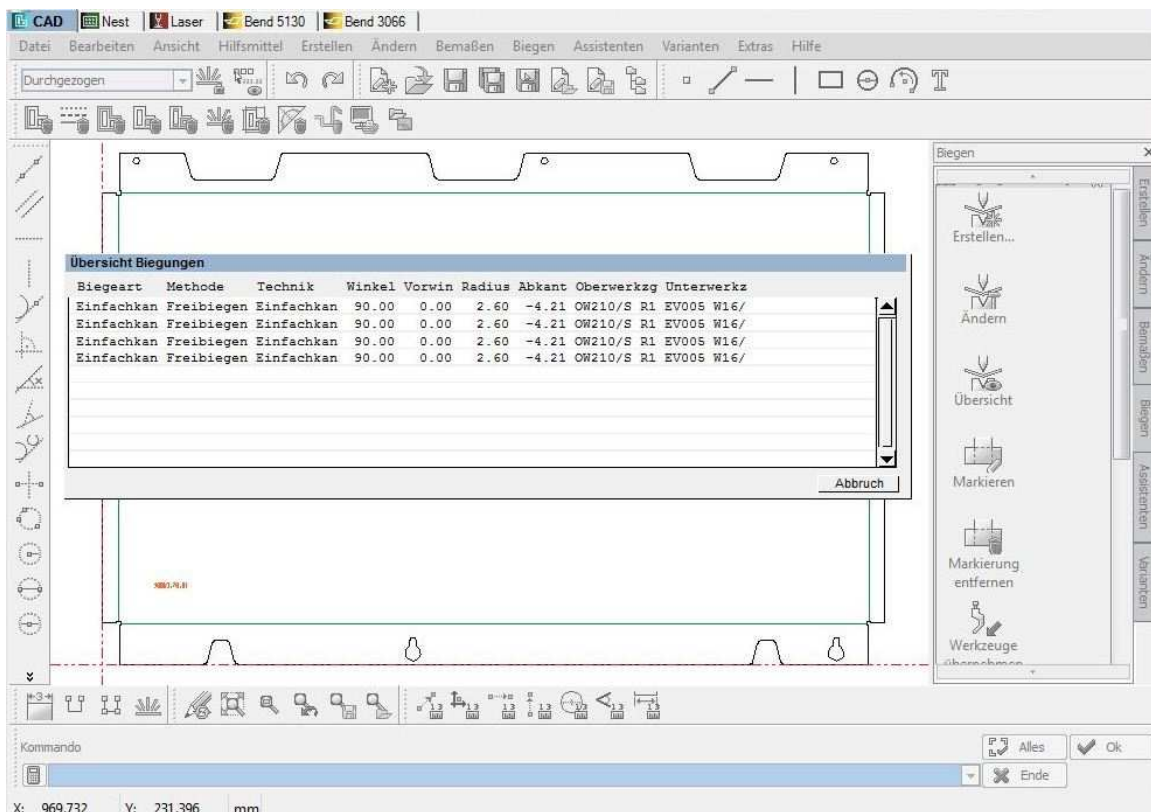


Abbildung 11: Die fertige Blechabwicklung mit Biegedaten in TruTops

Abbildung 11 zeigt den Soll-Zustand nach der Bearbeitung eines Teiles in TruTops. Die innerhalb der Kontur zu erkennenden Volllinien stellen die vom NC-Programmierer vollständig definierten Biegelinien dar. Im Vordergrund werden die Biegungen mit ihren Eigenschaften in einer Übersicht dargestellt (siehe Abbildung 12).



In Abbildung 13 vermerkt sind unter der Teilebezeichnung und den zusätzlichen Angaben (Zeichnungsbemerkung, Bearbeiter) die Maschine, auf der die Schneidbearbeitung vorgenommen wird und die Angaben zum Material und zu der Blechdicke. Dabei stellt das Format an sich, in dem der Werkstoff eingegeben wird, ein gesondertes Kriterium für die Übergabe an die CAM-Software dar. Das Soll-Format entspricht der Zeichenfolge St37-20 für den Stahl S235JR (St37 nach nicht mehr gültiger DIN 17100<sup>7</sup>) und der Blechdicke 2,0 mm. Beides wird nochmals und separat von TruTops abgefragt, einmal beim Werkstoff mit der Eingabe von 1.0036 und bei der Materialdicke mit dem eingetragenen Wert 2,000 mm.

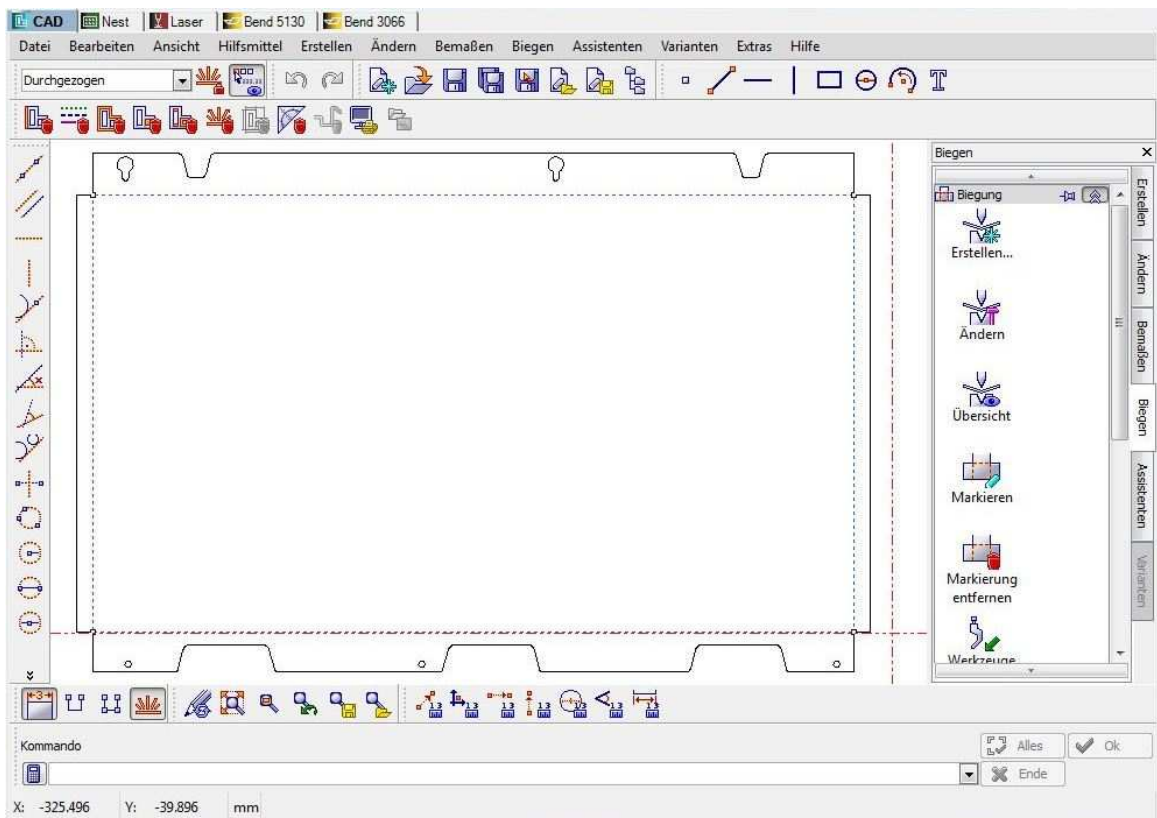
Diese Eingaben, durch einen erfahrenen CAM-Anwender getätigt, stellen das Optimum dessen dar, welches die Konstruktionssoftware letztendlich an die Arbeitsvorbereitung übergeben kann. Die in der hauseigenen Fertigung verwendeten Verfahren beschränken sich hierbei auf das Laserschneiden und das Freie Biegen. Das innerhalb der Blechfertigung ebenfalls anzutreffende Stanzen wird daher keiner gesonderten Betrachtung unterzogen.

#### **5.4.1 SolidWorks ohne Zusatzmodule**

Wie bereits erwähnt werden zur Übergabe der Teiledaten an die Arbeitsvorbereitung gewöhnlich Standard-Schnittstellen verwendet, darunter das DXF-Format. Diese liefern im Regelfall nur die Kontur der Abwicklung, wobei keine weitergehenden Fertigungsinformationen vorliegen. Nach dem Import der Teiledaten in die CAM-Umgebung werden diese Technologiedaten noch durch den NC-Programmierer zugewiesen.

---

<sup>7</sup> Die DIN 17100 wurde durch die EN 10025-2 ersetzt, jedoch finden in der Industrie oftmals noch die Zeichnungen nach DIN 17100 Verwendung



**Abbildung 14: In TruTops importierte DXF-Datei in der TruTops-Arbeitsoberfläche**

**Mitte:** Darstellung der Abwicklung mit Kontur und „Biegelinien“, zu denen die Biegeinformationen erst hinzugefügt werden müssen

Die gestrichelten Markierungen in Abbildung 14 stellen hierbei Biegelinien dar, müssen jedoch erst als solche definiert und mit Eigenschaften versehen werden. Dieses Defizit muss über eine manuelle Eingabe des Anwenders korrigiert werden – und das, obwohl diese Biegungen schon im 3D-CAD-System definiert wurden. Während der Erstellung der DXF-Datei gehen diesbezügliche Informationen jedoch verloren.

Ebenso müssen in der CAM-Umgebung die für die Laserbearbeitung notwendigen Einstellungen getroffen und die von dem Schneidkopf abzufahrenden Bahnen festgelegt werden. Grundsätzlich dient hierbei die Kontur der Abwicklung als Basis, da diese auf der Laserschneidmaschine aus der Platine herausgeschnitten werden. Die NC-Code-Erstellung in TruTops erfolgt zumindest für die NC-Laserschneidmaschine größtenteils automatisch, sodass wenig Nacharbeit seitens des Programmierers nötig ist. Das heißt außerdem, dass zu diesem Zweck bis auf die Kontur keine weiteren Teileinformationen aus der 3D-CAD-Umgebung an die Arbeitsvorbereitung übergeben werden muss. So werden dahingehend keine weiteren Anforderungen an SolidWorks gestellt.



## 5.4.2 Bearbeitung mit SheetMetalWorks

Nach der Zuweisung der Biegedaten in SheetMetalWorks stehen diese auch innerhalb der CAM-Software dem Arbeitsvorbereiter zur Verfügung. Der Umfang und die Qualität dieser Eingaben soll an dieser Stelle betrachtet werden.

Durch den Import der in SheetMetalWorks bearbeiteten Teile in TruTops sind der CAM-Software die Biegelinien mit ihren Eigenschaften bekannt (siehe Abbildung 15). Dazu zählen die Positionen der Biegelinien, die Werkzeugradien und die Biegezugaben. Auch die nochmalige Eingabe der Richtung und des Winkels für jede einzelne der Biegungen entfällt.

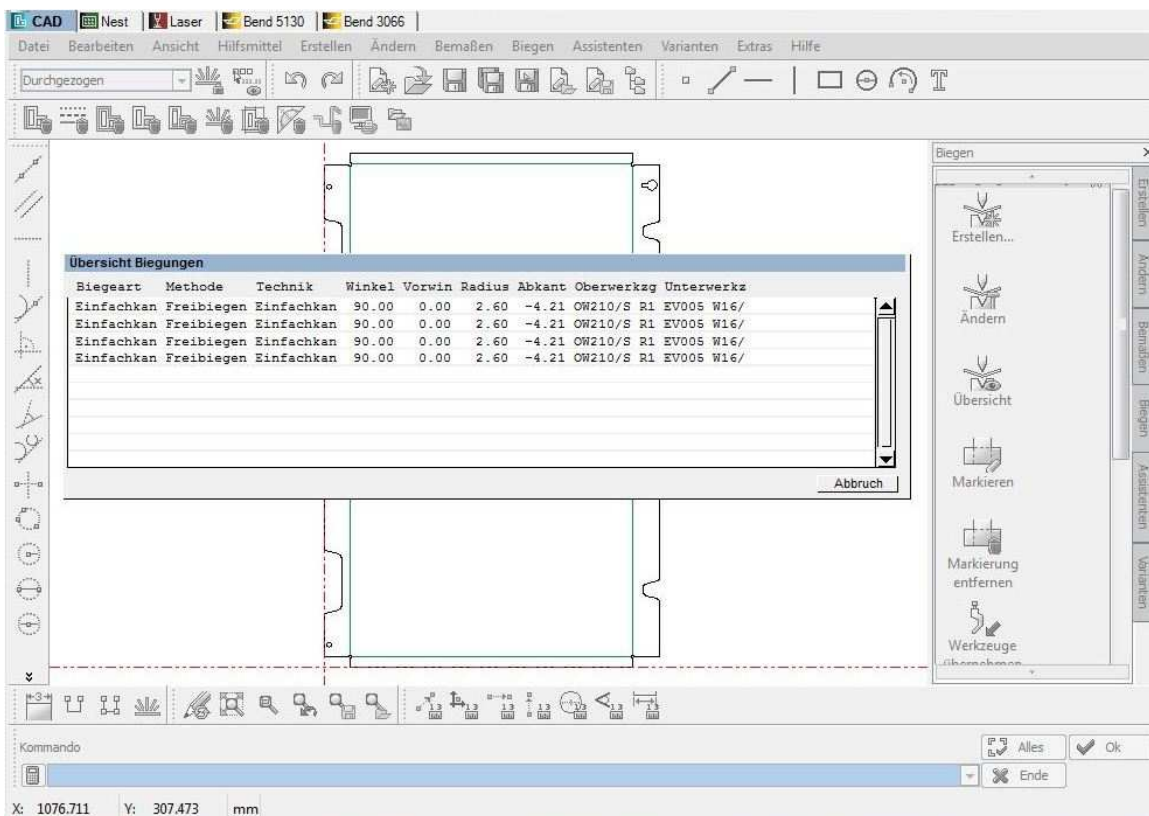


Abbildung 15: Aus SheetMetalWorks übernommene Kontur- und Biegedaten in TruTops

Der NC-Programmierer muss somit die Biegelinien nicht mehr festlegen, sondern nur auf fehlende Eingaben kontrollieren und eventuell korrigieren. Das zeitaufwendige und fehleranfällige Detaillieren der Biegungen entfällt hingegen.





Unvollständig sind die übertragenen Materialinformationen, bei denen einige wichtige Details so übergeben worden sind, dass sie nicht verwendet werden können. Der Teilename und die Blechdicke sind augenscheinlich die einzigen relevanten Eigenschaften, die im maschinenlesbaren Format an die Arbeitsvorbereitung übergeben werden können (siehe Abbildung 17). Die Zeichnungsbemerkung entspräche entweder der Bezeichnung des jeweiligen Teils oder anderen zusätzlichen Meta-Informationen und auch die Angabe des Bearbeiters ist zumindest für die Fertigung von nachrangiger Bedeutung.

Die Auswahl der Maschine bezieht sich auf die Laserschneidmaschine, auf der die Platine geschnitten wird und muss daher an dieser Stelle zugewiesen werden. In der Menüoberfläche von TruTops über die Materialinformation ist zwar der Werkstoff zugewiesen, jedoch wird dieser wegen des Eingabeformats nicht richtig erkannt. Wie im Kapitel 5.4 erläutert, lautet die richtige Angabe somit St37-20 nach der nicht mehr gültigen DIN 17100.

### 5.4.3 Bearbeitung durch ToPsWorks

In der Bedienoberfläche von ToPsWorks können für jede Biegung detaillierte Biegeinformationen bereitgestellt werden. Aus Abbildung 18 ist ersichtlich, dass ToPsWorks einen umfangreichen Anteil der benötigten Bearbeitungsinformationen bereitstellt. Auch hier werden die Positionen der Biegelinien zusammen mit den spezifischen Umformeigenschaften und Biegewerkzeugen korrekt an TruTops übergeben werden.

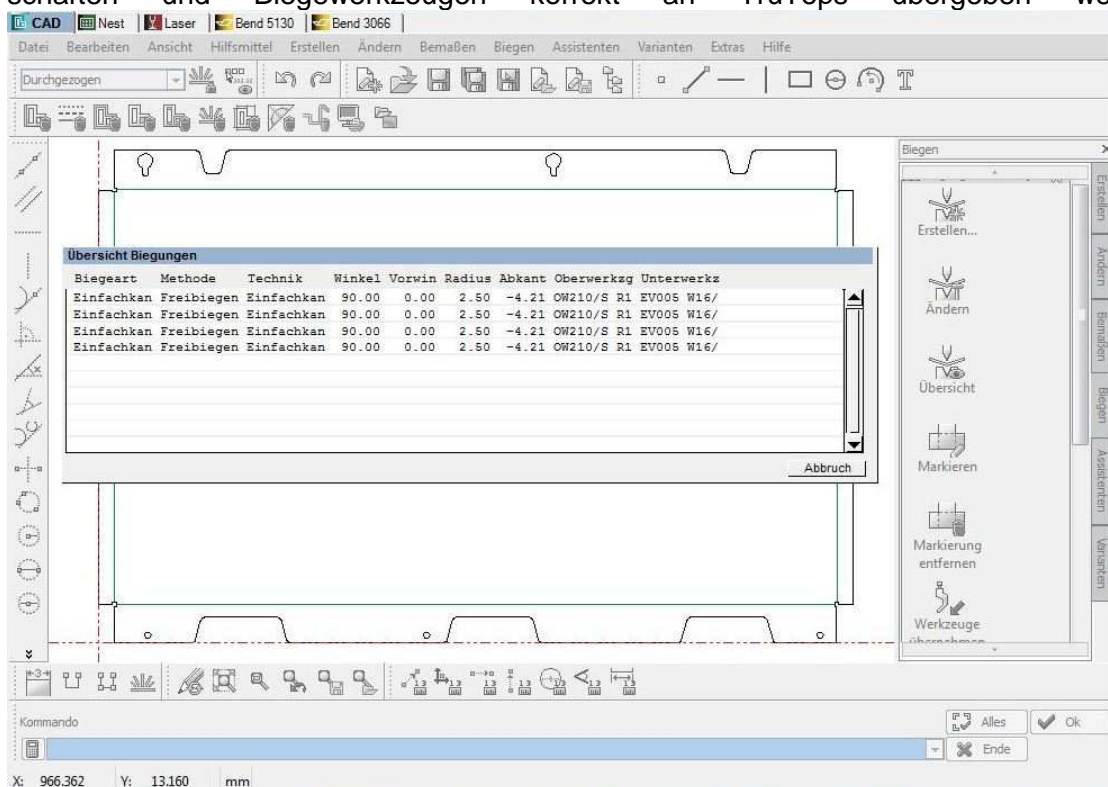


Abbildung 18: Aus ToPsWorks übernommene Kontur- und Biegedaten in TruTops



**Abbildung 20: Durch ToPsWorks bereitgestellte Teile- und Materialinformationen**

Unvollständig sind vor allem die Datei- und Materialinformationen, bei denen wiederum das Format ein Hindernis für die erfolgreiche und vollständige Übergabe darstellt (vgl. Abbildung 20). Zwar wird der Werkstoff mit seiner Materialnummer richtig angegeben, jedoch wird dieser so nicht korrekt von der CAM-Software erkannt. Das Soll-Format würde in diesem Fall der Bezeichnung St37-20 entsprechen, während ToPsWorks das Material unrichtig mit 10038-20 ausgibt. Im Endeffekt heißt das, dass ToPsWorks das Material nicht zufriedenstellend an die CAM-Software übergeben kann.

Zu den Dateiinformatoren gehören die Teile-ID, weiterhin eine Zeichnungsbemerkung und der Bearbeiter. Es ist durch ToPsWorks nicht möglich, diese Angaben korrekt an TruTops zu übertragen. Sie müssen im Nachhinein durch den Arbeitsvorbereiter vervollständigt werden. Die Eingabe dieser Dateiinformatoren stellt natürlich einen Mehraufwand und unter Umständen auch eine Fehlerquelle dar. Denn selbst unter den Bedingungen des umständlichen Imports und Konvertierens von DXF-Dateien in TruTops wird die Teile-ID übernommen. Daher muss als deutlicher Nachteil angesehen werden, dass diese für die Verwaltung der Dateien wichtige Information bei der Verwendung von ToPsWorks nun wieder manuell eingegeben werden muss.

Zusammengefasst stellt ToPsWorks eine leistungsfähige Schnittstelle dar, die sowohl Mehrwert für den CAD- wie für den CAM-Anwender bringt. Zum einen ermöglicht es dem CAD-Nutzer, fertigungsnah zu konstruieren, da sowohl Biegeradius als auch Biegezugabe nicht mehr manuell eingegeben werden müssen, sondern von ToPsWorks über die Zuweisung von Werkzeugen realisiert wird. Zum anderen werden durch den GEO-Export an die CAM-Software die wichtigsten Fertigungsinformationen übermittelt. Damit einhergehend stellt sich ein mitunter beträchtlicher Zeitgewinn ein, der ebenso wie die Ausschaltung zahlreicher Fehlerquellen zu den wichtigsten Vorteilen bei der Nutzung von ToPsWorks zählt.

## 6 Fazit

Es bleibt festzuhalten, dass der Datenaustausch zwischen CA-System durch seine zahlreichen Facetten ein schwieriges Thema bleiben wird. Schließlich geht damit ein hohes Maß an Datenverlust einher, auch wenn Schnittstellen vorhanden sind. Selbst der Datenaustausch im CAD-Bereich ist immer noch nicht auf einem zufriedenstellenden Niveau angelangt. Wenn auch der Import zwischen verschiedenen CAD-Applikationen oftmals funktioniert und entstehende Importfehler entweder vermieden oder aber nachträglich repariert werden können, so bleibt es unter Umständen ein aufwendiges Unterfangen. Letzten Endes beansprucht der Datenaustausch dennoch ein beträchtliches Zeit- und Arbeitspensum, die der Wiederaufbereitung von Daten geschuldet ist.

Genauso sieht es auch im vertikalen Datenaustausch von CAD- zu CAM-Applikationen aus. Wie im horizontalen Datenaustausch gibt es auch hier Raum für Verbesserungen hinsichtlich der Fähigkeiten und des Umfangs der verwendeten Schnittstellen. Häufig werden Schnittstellen, die zumindest zum Teil bestehende Hürden zu überbrücken vermögen, von Drittanbietern zur Lizenzierung angeboten.

Die Lizenzkosten für zusätzliche Module respektive weitere Software, zum Beispiel zusätzliche Funktionen für bestehende Konstruktionsumgebungen, können für mittelständische Unternehmen ein entscheidendes Kriterium für oder wider deren Erwerb sein. Dadurch, dass der tatsächliche Nutzen die Kosten zu rechtfertigen hat, müssen die Vorteile und die Produktivitätssteigerung dementsprechend deutlich ausfallen. Zum Verifizieren des möglichen Potenzials bieten die Systemhäuser und Re-seller Demonstrationsversionen an, welche für eine bestimmte Zeitspanne oder eine begrenzte Datenmenge den gesamten Umfang aller Funktionen zum Test bereitstellen.

Der Vorteil bei der Nutzung beider vorgestellter Zusatzmodule ist, dass aus der Konstruktionssoftware heraus ein Großteil der Technologiedaten direkt an die Arbeitsvorbereitung übergeben werden kann. Im Endeffekt führt das zu einer Verkürzung der benötigten Zeit für die Datenaufbereitung.

Schließlich kann durch die Zuhilfenahme der Zusatzmodule die Mehrfacheingabe von Daten enorm eingeschränkt werden. Durch die schon in der Konstruktionsphase festzulegenden Fertigungsinformationen wird somit die Möglichkeit, Fehler in die Prozesskette einzubringen, ganz entscheidend verringert. So erfolgt die Eingabe der Biegeradien in der CAD-Umgebung nicht mehr durch die manuelle Eingabe fester Werte, sondern analog zur CAM-Software über die Auswahl der zu gebrauchenden Biegewerkzeuge.

Insbesondere die Übernahme der Biegelinien aus dem dreidimensionalen Modell stellt einen besonders großen Vorteil dar, da weder die Lage noch die Richtung der Biegung in der CAM-Umgebung erneut zugewiesen werden müssen noch falsch zugewiesen werden können. Man erzielt hier nicht nur die größte Zeitersparnis, sondern schließt auch eine kritische Fehlerquelle aus.

Letztlich kommt die Frage auf, ob man eines der beiden auf dem Markt erhältlichen Module lizenzieren möchte. Diese Entscheidung wurde bisher nicht abschließend durch die Geschäftsführung gefällt. Ist dies jedoch der Fall, besteht weiterhin Klärungsbedarf, welche Lösung seitens der Verantwortlichen präferiert wird. Vom technischen Standpunkt aus gesehen wird in Absprache mit den technischen Verantwortlichen die Lösung SheetMetalWorks der Firma SPI GmbH favorisiert. Ausschlaggebend hierfür ist, dass neben den auch durch ToPsWorks bereitgestellten Daten weiterhin die Teile-ID an die CAM-Software übertragen wird. Dieser Umstand vereinfacht den innerbetrieblichen Umgang in Hinblick auf die Verwendung von Produktions-Planungssystemen, die zur Verwaltung der Datenmengen dienen.

# Literatur

- [Enge2006] Engelken, Gerhard: 3D-Konstruktion mit SolidWorks, Rüsselsheim, Hanser, 2006
- [Spur1997] Spur, Günter; Krause, Frank-Lothar: Das virtuelle Produkt, Wien; München, Hanser, 1997
- [SPIw2011] SPI SheetMetalWorks White Paper,  
[http://spi.de/media/archive3/09\\_whitepaper\\_blech.pdf](http://spi.de/media/archive3/09_whitepaper_blech.pdf), verfügbar am 21.07.2011
- [SPIp2011] Produktwerbung für SheetMetalWorks  
<http://www.sheetmetalworks.de/de/178/vorteile>, verfügbar am 26.07.2011
- [Siem2011] Produktwerbung von Siemens für JT Open Technology  
[http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/open/jtop/en/technology/index.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/open/jtop/en/technology/index.shtml), verfügbar am 02.08.2011
- [ISO2011] Bericht über die Standardisierung von Jupiter (JT) als Austauschformat  
<http://www.cnc-arena.com/forum/prozess-zur-iso-standardisierung-von-jt-57663.html> , verfügbar am 08.08.2011

- [Haus1996] Faszination Blech – Flexible Bearbeitung eines vielseitigen Werkstoffs, überarbeitete Auflage, Stuttgart; Heidelberg [u.a.]: Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH, 1996
- [TrTo2011] Produktwerbung für TruTops, [http://www2.trumpf.com/1.img-cust/TruTops\\_de.pdf](http://www2.trumpf.com/1.img-cust/TruTops_de.pdf), verfügbar am 01.09.2011



# Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Hartmannsdorf, den 07.September 2011

Alexander Rockhausen